

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE PLANEACIÓN DE INVENTARIOS EN LA
EMPRESA “INMOGAS LTDA.”.

ÓSCAR ALONSO MILLÁN GALINDO.
LINA SAMANTA PEDRAZA MÁRQUEZ.

UNIVERSIDAD LIBRE.
FACULTAD DE INGENIERÍA.
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL.
BOGOTÁ, D.C.
2015.

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE PLANEACIÓN DE INVENTARIOS EN LA
EMPRESA “INMOGAS LTDA.”.

ÓSCAR ALONSO MILLÁN GALINDO 062071386.
LINA SAMANTA PEDRAZA MÁRQUEZ 062101045.

Proyecto de grado para optar al título de Ingeniero Industrial.

INGENIERO NÉSTOR ORLANDO CORDERO SÁENZ. M Sc.
Director de Proyecto de Grado.

UNIVERSIDAD LIBRE.
FACULTAD DE INGENIERÍA.
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL.
BOGOTÁ, D.C.
2015.

DEDICATORIA.

A Dios, por permitirnos culminar con éxito este primer paso en nuestro proceso de formación y a nuestros padres, que nos acompañaron y apoyaron incansablemente.

Lina Pedraza, Óscar Millán.

NOTA DE ACEPTACIÓN.

El trabajo titulado: “Desarrollo de un sistema de planeación de inventarios en la empresa Inmogas Ltda.”, elaborado por los estudiantes Lina Samanta Pedraza Márquez y Óscar Alonso Millán Galindo con códigos 062101045 y 062071386 respectivamente, cumple con todos los requisitos legales exigidos por la Universidad Libre para optar al título de Ingeniero Industrial.

Firma del jurado.

Firma del jurado.

Bogotá, Septiembre de 2015.

AGRADECIMIENTOS.

Expresamos especial agradecimiento a nuestro director, el ingeniero Néstor Cordero, quien contribuyó con su conocimiento, tiempo y dedicación durante todo el desarrollo del proyecto.

A los ingenieros Edgar Duarte y José Bello, en calidad de jurados, y a los demás miembros de la Universidad, que aportaron en alguna medida a la investigación realizada.

CONTENIDO.

	Pág.
RESUMEN.....	10
ABSTRACT.....	11
INTRODUCCIÓN.....	10
JUSTIFICACIÓN.	11
1. ANTECEDENTES.	18
2. GENERALIDADES.....	23
2.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.	23
2.1.1 Misión de la empresa.	23
2.1.2 Visión de la empresa.	23
2.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.	24
2.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	31
2.4 OBJETIVOS.	31
2.4.1 Objetivo General.	31
2.4.2 Objetivos Específicos.	31
2.5 DELIMITACIÓN DEL PROYECTO.....	31
2.6 MARCO METODOLÓGICO.....	32
2.6.1 Tipo de Investigación.	32
2.6.2 Cuadro Metodológico.	32
2.7 MARCO TEÓRICO.....	36
2.7.1 Inventarios.....	36
2.7.2 Clasificación de los inventarios.....	38
2.7.3 Costos asociados a los inventarios.	41
2.7.4 Ventajas de mantener los inventarios.....	43
2.7.5 Gestión de inventarios.....	43
2.7.6 Modelos de inventarios.	44
2.7.7 Pronósticos.	47
2.7.8 Modelos de Pronóstico.....	48
2.7.9 Medidas de Error de un pronóstico.....	48
2.7.10 Modelo General de Inventarios.	49

2.7.11	Modelo del lote económico de pedido.	50
2.7.12	Modelos de revisión periódica.	51
2.7.13	Modelos de revisión continua.	52
2.7.14	Modelo de teoría de restricciones.	52
2.7.15	Modelo Justo a Tiempo.	53
2.7.16	Dinámica de sistemas.	55
2.7.17	Metodología sistémica.	55
2.7.18	Lenguaje del sistema.	55
2.7.19	Diagrama de Forrester.	58
2.7.20	Pruebas de bondad de ajuste.	59
2.7.21	Pruebas De Hipótesis.	59
2.7.22	Valor Presente Neto.	60
2.7.23	Tasa Interna de Retorno.	60
2.7.24	Análisis Costo Beneficio.	61
2.8	MARCO CONCEPTUAL.	61
3.	DIAGNÓSTICO.	64
3.1	DIAGNÓSTICO ESTRATÉGICO.	64
3.1.1	Mapa de Procesos.	64
3.1.2	Factores críticos de éxito y conceptualización del negocio.	66
3.1.3	Conceptualización del Negocio.	68
3.1.4	Perfil competitivo y posición competitiva.	70
3.1.5	Cadena de valor.	72
3.1.6	Análisis de capacidad interna.	73
3.1.7	Perfil de oportunidades y amenazas del entorno.	74
3.1.8	Análisis DOFA.	75
3.2	DIAGNÓSTICO TÉCNICO.	78
3.2.1	Análisis de mercado.	78
3.2.2	Procedimiento de Instalación de Calentadores.	78
3.2.3	Datos históricos de la demanda.	82
3.2.4	Costos asociados a los inventarios.	84
3.2.5	Representación Gráfica de la Bodega.	85
3.2.6	Condiciones de almacenamiento.	87
3.2.7	Política de inventarios.	87

4. ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL MERCADO.....	89
4.1 PRUEBAS DE BONDAD DE AJUSTE.....	89
4.2 PRONÓSTICO DE LA DEMANDA.....	90
4.2.1 Promedio Móvil.	90
4.2.2 Suavización Exponencial Simple:.....	91
4.2.3 Suavización Exponencial doble.....	93
4.2.4 Modelo de pronóstico elegido.....	95
5. DESARROLLO DEL SISTEMA DE PLANEACIÓN DE INVENTARIOS.....	97
5.1 PLANTEAMIENTO DEL MODELO TEÓRICO.	97
5.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA.	98
5.3 HIPÓTESIS DINÁMICA.	99
5.4 MODELAMIENTO DEL SISTEMA.	100
5.5 VALIDACIÓN ESTADÍSTICA DEL MODELO PROPUESTO.....	106
5.5.1 Prueba de Wilcoxon.	106
5.5.2 Análisis de las Medidas de Desempeño.	107
5.6 IMPLEMENTACIÓN DE POLÍTICAS.	109
5.6.1 Primer Escenario.....	115
5.6.2 Segundo Escenario.	116
5.6.3 Tercer Escenario.	117
5.7 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	118
5.8 APLICACIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA.....	122
5.8.1 Procedimiento de Gestión de Abastecimiento.	122
6. VALIDACION FINANCIERA.	131
7. INDICADORES DE GESTIÓN.....	136
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	140
BIBLIOGRAFÍA.....	142
CIBERGRAFÍA.....	147

FIGURAS.

Figura 1. Problemática de la Empresa Inmogas Ltda.....	30
Figura 2. Actividades de la administración de producción/operaciones.....	37
Figura 3. Patrón de Comportamiento Modelo EOQ.....	51
Figura 4. Teoría de restricciones.	53
Figura 5. Lenguaje Dinámico.	56
Figura 6. Representación de un Bucle Negativo.	57
Figura 7. Representación de un Bucle Positivo.....	57
Figura 8. Representación de Retrasos.....	58
Figura 9. Representación de un Diagrama de Forrester.	58
Figura 10. Mapa de Procesos Organización Inmogas Ltda.	66
Figura 11. Cadena de Valor Inmogas Ltda.	73
Figura 12. Esquema de la Empresa Inmogas Ltda.	86
Figura 13. Modelamiento del Sistema.....	101
Figura 14. Modelo de Revisión Continua.	115

GRÁFICOS.

Gráfico 1. Personal Operativo de la Compañía.....	23
Gráfico 2. Instalaciones realizadas por la compañía.....	24
Gráfico 3. Nivel de Cumplimiento de la Empresa.....	25
Gráfico 4. Organigrama Formal de la Compañía.....	26
Gráfico 5. Organigrama de Poder en la Compañía.....	27
Gráfico 6. Comparación de Ventas entre los años 2013-2014.....	29
Gráfico 7. Mapa Ubicación Inmogas Ltda.....	32
Gráfico 8. Los inventarios usados para esconder los problemas de la organización.	38
Gráfico 9. Representación del Enfoque Multicriterio en la Aplicación del Método ABC.....	40
Gráfico 10. Costo total de la gestión de inventarios relacionado con la cantidad a pedir.....	42
Gráfico 11. Análisis Importancia vs Calificación por Proceso.....	68
Gráfico 12. Posición Competitiva.....	72
Gráfico 13. Análisis de mercado realizado a la Empresa Inmogas Ltda.....	78
Gráfico 14. Procedimiento Instalación de Calentadores.....	79
Gráfico 15. Referencia seleccionada: calentador de agua BOSCH Therm 6000...82	
Gráfico 16. Partes y Dimensiones de la Referencia seleccionada.....	82
Gráfico 17. Comportamiento del mercado de instalación y venta de calentadores	84
Gráfico 18. Condiciones de Almacenamiento.....	87
Gráfico 19. Pronóstico de la Demanda.....	96
Gráfico 20. Hipótesis Dinámica del Sistema.....	99
Gráfico 21. Comportamiento del Sistema.....	106
Gráfico 23. Comparación Nivel de Inventarios en el Sistema.....	108
Gráfico 24. Comparación Utilidades del Sistema.....	108
Gráfico 24. Comportamiento del Sistema en el Escenario 1.....	116
Gráfico 25. Comportamiento del Sistema en el Escenario 2.....	117
Gráfico 26. Comportamiento del Sistema en el Escenario 3.....	118
Gráfico 27. Costos del Sistema.....	121
Gráfico 28. Nivel de Servicio.....	121
Gráfico 29. Nivel de Inventarios.....	121
Gráfico 30. Utilidades del sistema.....	121
Gráfico 31. Gestión de Compras: Descripción Gráfica.....	123
Gráfico 32. Entrega de Pedidos: Descripción Gráfica.....	127
Gráfico 33. Flujo de Caja.....	135
Gráfico 34. Nivel de Servicio.....	136
Gráfico 35. Error de Previsión de Demanda.....	137
Gráfico 36. Costos de Inventario.....	138
Gráfico 37. Ventas Perdidas.....	139
Gráfico 38. Faltantes de Inventario.....	139

TABLAS.

Tabla 1. Cuadro Metodológico.	33
Tabla 2. Tipos de Sistemas para la Gestión de Inventarios. (Adaptada de Silver y Peterson).	44
Tabla 3. Factores Críticos de Éxito en la Empresa Inmogas Ltda.	67
Tabla 4. Conceptualización del Negocio de la Empresa Inmogas Ltda.	69
Tabla 5. Matriz del Perfil Competitivo.	71
Tabla 6. Matriz del perfil de la capacidad interna.	73
Tabla 7. Matriz perfil de oportunidades y amenazas del entorno.	75
Tabla 8. Matriz DOFA realizada en la empresa Inmogas Ltda.	77
Tabla 9. Materiales requeridos actividad 3 – instalación de calentadores de agua.	80
Tabla 10. Materiales requeridos actividad 6 – instalación de calentadores de agua.	80
Tabla 11. Materiales requeridos actividad 8 – instalación de calentadores de agua.	81
Tabla 12. Materiales requeridos actividad 9 – instalación de calentadores de agua.	81
Tabla 13. Venta de Calentadores de los años 2011 a 2014.	83
Tabla 14. Costo de mantenimiento de Inventario.	84
Tabla 15. Costo de Lanzar una Orden.	85
Tabla 16. Pruebas de Bondad de Ajuste.	89
Tabla 17. Modelo de Pronostico Promedio Móvil, $n=2$	90
Tabla 18. Modelo de Pronostico Suavización Exponencial Simple.	92
Tabla 19. Modelo de Pronóstico Suavización Exponencial Doble.	93
Tabla 20. Prueba de Wilcoxon.	107
Tabla 21. Comportamiento de las Variables del Sistema.	119
Tabla 22. Gestión de Compras: Descripción Detallada.	124
Tabla 23. Entrega de Pedidos: Descripción Detallada.	128
Tabla 24. Inversión Inicial para la Implementación del Proyecto.	133
Tabla 25. Proyección de la Inversión y Beneficios de la Implementación (flujo de caja) a Cuatro Años.	134
Tabla 26. Periodo de Recuperación de la Inversión.	135

ANEXOS.

- Anexo 1. Modelo de Recolección de Información.
- Anexo 2. Análisis y cálculo del Lead Time.
- Anexo 3. Diagrama Causal Inicial. (CD)
- Anexo 4. Diagrama Forrester Inicial. (CD)
- Anexo 5. Diagrama Causal Propuesto. (CD)
- Anexo 6. Diagrama Forrester Propuesto. (CD)
- Anexo 7. Formato Solicitud de Pedido.
- Anexo 8. Formato Entrega de Materiales.
- Anexo 9. Análisis Financiero. (CD)
- Anexo 10. Carta Dirigida al Comité de Proyectos.
- Anexo 11. Carta de Aceptación de Inmogas Ltda.
- Anexo 12. Carta de Aceptación de Responsabilidad del Director de Proyecto.

RESUMEN.

El presente trabajo es el resultado de una investigación enfocada a la mejora de un sistema de planeación de inventarios, el cual busca nivelar los costos del sistema y el nivel de servicio a los clientes de la organización Inmogas Ltda.

El desarrollo se basó en dinámica de sistemas, buscando contrastar diferentes políticas de planeación con la realidad de la compañía a partir del planteamiento y simulación de escenarios.

Se inició con el diagnóstico técnico y estratégico de la compañía con el fin de caracterizar el sistema. De acuerdo a la información encontrada, se establecieron variables y relaciones influyentes en él y se analizó su comportamiento en el tiempo, esto con el fin de ajustar un modelo que permitiera mejorar la operación.

Finalmente, se realizó un modelo dinámico del sistema actual y se implementaron políticas de mejora para contrastar el rendimiento de cada uno de ellos y establecer los indicadores de gestión como resultado del desarrollo propuesto.

Palabras Claves: Sistema, Nivel de Servicio, Planeación, Dinámica de Sistemas, Gestión de Inventarios.

ABSTRACT.

This work is the result of an investigation focused on the improvement of inventory planning system which search for a balance between system costs and level of service provided to the customers of the organization Inmogas Ltda.

The development was based on system dynamics, in order to contrast different planning policies with the reality of the company by the proposal and simulation of scenarios.

It started with the technical and strategic diagnosis of the company in order to characterize the system. According to information found, influential variables and relations were established and their behavior was analyzed over time, in order to adjust a model that would improve the operation.

Finally, a dynamic model was performed to the current system and improvement policies were applied in order to compare the performance of each one of them and set up the management indicators as a result of the proposed development.

Keywords: System, Service Level, Planning, System Dynamics, Inventory Management.

INTRODUCCIÓN.

Saber cuánto o cuándo comprar insumos para satisfacer la demanda de un periodo determinado, se convierte para las organizaciones en un “dolor de cabeza”, si no se cuenta con las herramientas apropiadas para la toma de decisiones, o si aun teniéndolas, no se sabe darles un adecuado uso. Consecuencia de esto, aparecen problemas como la escasez de producto o la elevada cantidad de inventarios a mantener, lo cual se ve directamente reflejado en el incremento de costos de la compañía, y un cambio en las utilidades.

Este trabajo, busca particularmente analizar una empresa colombiana, perteneciente al sector de venta e instalación de gasodomésticos, donde mantener existencias de materiales que permitan la prestación del servicio, se convierte en un factor clave para el crecimiento de la organización.

Se analizó la situación de la empresa, y se encontró que gran parte de sus problemas recaían en quejas presentadas por los clientes, ocasionadas por retrasos e incumplimientos en el servicio, y siendo este de primera necesidad, no da lugar a este tipo de faltas. Adicionalmente, la compañía trabaja como contratista de Gas natural, por lo que estas situaciones, generan multas y sanciones que la empresa debe cubrir con sus utilidades.

La compañía tiene una trayectoria de 8 años de operación, donde gracias a la acogida del sector, ha logrado permanecer con una porción de participación, en un mercado en el cual abundan los competidores. Sin embargo, considerando el constante cambio al que se enfrenta diariamente y a la variabilidad de factores influyentes en el sistema, se ve la necesidad de establecer una política de planeación de inventarios, que apunte a incrementar el nivel de servicio, sin afectar las utilidades de la empresa.

JUSTIFICACIÓN.

Un sistema logístico es fundamental en una compañía que actualmente desee permanecer siendo competitiva dentro del mercado, es necesario contar con las herramientas ineludibles que, de manera ordenada y sistemática, contribuyan a organizar los procesos y tener control sobre cada uno de ellos.

Siendo INMOGAS LTDA, una empresa prestadora de servicios, requiere para su funcionamiento una gran cantidad de materiales indispensables para su actividad, los cuales actualmente se han convertido en su “talón de Aquiles”, obstaculizando el cumplimiento a los clientes, y generando retrasos en las llegadas, sin contar con el peso que representa el mantenimiento de los mismos en los costos totales de la empresa.

La propuesta de un apropiado sistema de inventarios apunta directamente al incremento en el nivel de servicio, atacando problemas tan sencillos a la vista, como el satisfacer la creciente demanda, en el lugar y a la hora correctos, logrando así darle cumplimiento a los requerimientos del mercado, fidelizando y adquiriendo nuevos clientes para la compañía, haciendo que esta, cada día sea más competitiva.

Generar un adecuado proceso en el control de inventarios es un factor de vital importancia en la organización, ya que si bien no es la solución a todos los problemas, tendrá un impacto positivo en el funcionamiento de la compañía, permitiendo incrementar las utilidades y por lo tanto volver más rentable y competitiva la empresa.

1. ANTECEDENTES.

Actualmente, el mercado dicta las condiciones para que una compañía permanezca siendo competitiva y no se vea debilitada por el mismo. Hoy día, en un mundo que se mueve cada vez más rápido, se consideran no necesarios sino indispensables factores como la entrega a tiempo, y el cumplimiento a todos los pedidos que sean recibidos por la compañía, los cuales sin el adecuado manejo difícilmente podrían ser satisfechos.

Ninguna empresa puede saber con certeza a qué se enfrenta en el futuro, sin embargo, la logística puede convertirse en un medio de planificación que permita anteponerse a los posibles comportamientos del mercado. Gran parte de los problemas de una compañía se reducen a los inventarios, que siendo un mal necesario dentro de la misma, requieren el adecuado control, volviéndose un factor fundamental en la nivelación de costos.

Con el objetivo de evaluar trabajos investigativos similares, en donde los sistemas de planeación de inventarios hayan sido considerados como la solución a algunas de las problemáticas presentes dentro de las empresas, se citan los siguientes casos:

- **Título:** Modelo de simulación continua para la gestión de la cadena de suministro en productos con ciclo de vida corto.¹

Objetivo General: Elaborar y evaluar un modelo de simulación continua para planificar la cadena de suministro en productos de ciclo de vida corta, representado los diferentes escenarios y perspectivas.

Desarrollo: La autora plantea la consideración del ciclo de vida de un producto, como factor influyente en la gestión de inventarios que se realiza, buscando incrementar la eficiencia del proceso.

Plantea un modelo de simulación continua, basada en programación computacional realizada en *Ithink* que permita tomar mejores decisiones en la compañía.

Para el modelamiento del sistema, la autora identifica las variables y sus relaciones, plantea una hipótesis dinámica, estudiada a través de la gestión de toda la cadena de suministro, y simula el escenario con la formulación matemática propuesta.

¹ RAMÍREZ LONDOÑO, Diana Alejandra. Modelo de simulación continua para la gestión de la cadena de suministro en productos con ciclo de vida corto. Envigado, 2012, 46 h. Trabajo de Grado para optar al título de Ingeniero Industrial. Escuela de Ingeniería de Antioquia. Facultad de Ingeniería.

- **Título:** Un modelo de Dinámica de Sistemas para la administración de Inventarios.²

Objetivo General: Demostrar la potencialidad que tiene la dinámica de sistemas para formular y analizar problemas relacionados con el manejo y control de sistemas de inventarios.

Desarrollo: Los autores plantean diferentes comparaciones, a partir de la simulación de escenarios, mostrando como la interacción entre las diferentes variables influentes en el sistema, pueden generar solución a diferentes problemas a los cuales hay que enfrentarse en la planeación y gestión de inventarios.

Primero dan una introducción a lo que ha venido siendo el proceso de control de inventarios en las diferentes organizaciones, para luego mostrar las ventajas de la dinámica de sistemas en la toma de decisiones de este tipo de sistemas.

Continúan planteando los diagramas causales e hipótesis dinámica aplicados al problema en mención, para así construir el diagrama de flujos y niveles correspondiente. A partir del diagrama, se analizan los resultados, generando diferentes escenarios que permiten ver la influencia de algunas de las variables incluidas en el estudio. Finalmente, concluyen respecto a las dinámicas que pueden encontrarse en un sistema de gestión y planeación de inventarios.

- **Título:** Análisis de la toma de decisiones en el manejo de inventarios utilizando dinámica de sistemas.³

Objetivo General: Desarrollar un modelo para el manejo de inventarios, mediante la utilización de Dinámica de Sistemas.

Desarrollo: Los autores desarrollan un modelo computacional, basados en la dinámica del sistema conocido como “el juego de la cerveza”, donde buscan a través de la definición de algunas variables, mostrar el comportamiento de los niveles de inventario, conforme a las decisiones tomadas por cada uno de los actores (mayorista, distribuidor, minorista y cliente). Para el modelo, muestran dos escenarios principales, con una serie de variables que pueden ser modificadas y combinadas entre sí.

² LIÉVANO MARTÍNEZ, Federico; VILLADA OQUENDO, Juan Gabriel. Un Modelo de Dinámica de Sistemas para la Administración de Inventarios. Envigado, 2013, pp. 121 - 135. Publicación semestral de carácter técnico-científico. Escuela de Ingeniería de Antioquia EIA. Revista Soluciones de Posgrado EIA, ISSN 2811-3854. Año VI. Volumen 6. Número 11.

³ RAMÍREZ, Sergio. ÀNGEL, María. FERNÁNDEZ, Juan. RUBIO, Oliver. Análisis de la toma de decisiones en el manejo de inventarios utilizando dinámica de sistemas. X Congreso Latinoamericano de Dinámica de Sistemas. 2012.

Se ven definidas las variables, con la fórmula matemática utilizada y se presentan los resultados obtenidos en cada uno de los escenarios propuestos, mostrando el comportamiento que gráficamente tiene cada uno de ellos, realizando un análisis estadístico que valide el modelo, para finalmente presentar las conclusiones y recomendaciones propuestas.

- **Título:** Propuesta de mejora para la administración del inventario de la sucursal de Bogotá de Casaval S.A.⁴

Objetivo General: Desarrollar una propuesta para la mejora de la administración del inventario de la Sucursal de Bogotá de Casaval S.A, partiendo desde la planeación del abastecimiento hasta el control de sus inventarios.

Desarrollo: La investigación tiene lugar en una empresa importadora y distribuidora de productos indispensables en el montaje y mantenimiento de instalaciones industriales llamada CASAVAL S.A., donde los autores determinan como principal problema el retraso en la entrega de los pedidos, basados en el análisis de un diagrama Pareto que sale de las estadísticas de las quejas y reclamaciones presentadas por los clientes. Dicha problemática, se presenta en la empresa debido al mal manejo dado a los inventarios. Los autores muestran la situación inicial de la planta, la cual maneja sus existencias a través del programa Novasoft, y de la distribución física para los procesos de cargue y descargue.

Durante el desarrollo del proyecto, identifican que la falta de rotación de algunos elementos, el retraso e incumplimiento en la entrega de los pedidos y la saturación de las bodegas, son las principales fallas logísticas de la compañía, las cuales están generando un impacto negativo en los costos de la misma.

Plantean la integración y sincronización de los procesos en la empresa, de manera que exista una congruencia entre las diferentes partes del proceso siendo este más eficiente y con una mayor capacidad de respuesta frente a los cambios a través de la implementación de S&OP. También proponen liquidar las referencias que no registran ventas en el último año y que tienen Stock diferente de 0, evitando los inventarios obsoletos.

Por último, los autores sugieren una redistribución de planta que facilita el orden y almacenamiento para los procesos de cargue y descargue.

⁴ DUARTE, Hugo Hernando y CASAS, Gustavo Andrés. Propuesta de mejora para la administración del inventario de la sucursal de Bogotá de Casaval S.A. Bogotá, 2010,141 h. Trabajo de grado. (Ingeniería Industrial). Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ingeniería. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10554/7431>

- **Título:** Sistema de planeación y control de inventarios en Esi Arca Ltda.⁵

Objetivo General: Diseñar un sistema de planeación y control de inventarios para ESI ARCA LTDA.

Desarrollo: El proyecto se lleva a cabo en ESI ARCA Ltda., una empresa dedicada a la comercialización y suministro de materiales eléctricos, cables especiales, accesorios mecánicos e iluminación a prueba de explosión para la industria petrolera, la cual tiene un amplio recorrido y experiencia en el campo, y por lo que, tiene un extenso portafolio de clientes.

La autora muestra el control de los inventarios como la solución a problemas de almacenamiento, baja rotación, falta de información de existencias y carencia de un proceso de recepción de materiales.

Como solución a la problemática mencionada, la autora propone la aplicación de un sistema de planeación y control de inventarios con niveles de confianza para establecer puntos de stocks máximo y mínimo y puntos de reorden y realiza una simulación, apoyada en la herramienta Excel, del resultado obtenido.

- **Título:** Efectos de la Variación en la Demanda y Políticas de Inventario en la Cadena de Suministro: Un Análisis desde la Óptica de la Dinámica de Sistemas.⁶

Objetivo General: Visualizar los efectos que tienen las estrategias de pedidos basados en el tamaño del lote y el punto de reorden, a través de un modelo simulado, basado en el juego de la cerveza.

Desarrollo: Los autores, a través del desarrollo de diferentes simulaciones, buscan demostrar la importancia y utilidad de la dinámica de sistemas, para el análisis y gestión en una cadena de suministro, mostrando cómo pequeños cambios en la demanda, pueden generar grandes repercusiones a lo largo de los diferentes niveles que la conforman.

Para iniciar, presentan la revisión teórica realizada, en la cual soportan las ventajas de analizar este tipo de sistemas a través de la simulación, contrastado frente a un modelo teórico. Para esto, citan a Forrester y su modelo de cadena de suministro. Posteriormente, construyen un modelo para el análisis de la cadena de suministro, siguiendo tres etapas principales: Definición de variables y sus relaciones,

⁵ BELLO BONELL, Ingrid Liliana. Sistema de planeación y control de inventarios en Esi Arca Ltda. Bogotá, 2010, 143 h. Trabajo de grado. (Ingeniería Industrial). Universidad Libre de Colombia. Facultad de Ingeniería. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10901/4386>

⁶ VERGARA, Juan Carlos. HERRERA, Tomás. DE LA HOZ, Efraín. Efectos de la Variación en la Demanda y Políticas de Inventario en la Cadena de Suministro: Un Análisis desde la Óptica de la Dinámica de Sistemas. Universidad Libre. Barranquilla, 2012. ISSN: 1909-2458

modelamiento y simulación del sistema y análisis de resultados. La construcción del modelo la basaron en la propuesta de Sterman, J. D. (1989).

A partir de esto, los autores diseñan estrategias de gestión, buscando reducir los tiempos de respuesta en la cadena, y facilitando la información entre cada uno de sus eslabones. Para este punto, parten del planteamiento de escenarios, que permitan mostrar el comportamiento de las variables de acuerdo a las condiciones establecidas.

Finalmente, comparan los resultados de cada escenario propuesto y definen la estrategia basados en ellos, a partir de la presentación de conclusiones y recomendaciones del desarrollo propuesto.

- **Título:** Sobre La Dinámica de un Sistema de Gestión de Inventarios.⁷

Objetivo General: Indagar en la estructura y el comportamiento del sistema de gestión de Inventarios, imbricado en la cadena de abastecimiento, a partir del análisis de dinámica de sistemas.

Desarrollo: Los autores presentan las diferentes características de un sistema de inventarios, dejando ver que, factores como la incertidumbre, los cambios constantes en el mercado, la gestión de excesos y faltantes, entre otros, generan un mayor grado de complejidad al estudiar una cadena de suministro, razón por la cual, una herramienta como la dinámica de sistemas, se vuelve muy útil para su análisis.

El estudio está centrado en un subsistema de gestión de inventarios de construcciones del sistema macroeconómico de inversión de capitales en Estados Unidos, en el cual se ven demoras percibidas y retrasos de material. En la primera parte del documento, describen el modelo de gestión de inventarios (heurísticas de anclaje y ajuste), utilizado como base del desarrollo, presentando las formulas y bases teóricas utilizadas.

Siguiente a esto, se presentan las modificaciones a las políticas de inventarios propuestas, con la intención de dejar ver las mejoras conseguidas, a partir de la exposición de gráficos e indicadores asociados al proceso, y finalmente son analizados y comparados con los valores deseados, para así terminar con la conclusión del resultado obtenido.

⁷ GUERRA, Fernando. VARÓN, Fabián. CAÑÓN, Mario. Sobre La Dinámica de un Sistema de Gestión de Inventarios. 9° Encuentro Colombiano de Dinámica de Sistemas. Universidad Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario. Comunidad Colombiana de Dinámica de Sistemas. Bogotá, Colombia 2011.

2. GENERALIDADES.

2.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.

INMOGAS LTDA es una compañía dedicada a prestar servicios de instalación de gas natural, propano, diseñando redes hidráulicas y sanitarias. A su vez presta servicios que se encuentran relacionados con el hogar y reparaciones locativas de bienes inmuebles. Se realizan mantenimientos y reparación de equipos gasodomésticos y ayuda técnica domiciliaria. Actualmente, la empresa tiene sus instalaciones en la Calle 43 sur No 86 – 70 y cuenta con 17 trabajadores a su servicio. En el Gráfico 1. se observa parte del personal operativo que actualmente compone la compañía.

Gráfico 1. Personal Operativo de la Compañía.



Fuente: Inmogas Ltda.

2.1.1 Misión de la empresa.⁸

- Ofrecer la Asesoría antes de cada servicio y un servicio post venta.
- Utilizar las mejores marcas en equipos, repuestos y materiales para la entera satisfacción de cada uno de nuestros clientes.
- Implementación de logística para el apoyo administrativo y operativo.
- Respaldo con personal especializado para el buen cumplimiento de los objetivos.

2.1.2 Visión de la empresa.⁹

Ser una compañía líder en el mercado, respondiendo con seriedad, cumplimiento, honestidad y calidad, en la prestación de servicios relacionados con la comercialización, mantenimiento de equipos residenciales, comerciales e industriales, instalación de gas natural y propano para cualquier uso (residencial,

⁸ INMOGAS LTDA. [en línea]. < <http://inmogas.com/> > [citado 25 de Septiembre de 2014].

⁹ INMOGAS LTDA. [en línea]. < <http://inmogas.com/> > [citado 25 de Septiembre de 2014].

comercial e industrial); mantenimientos locativos en general de su bien inmueble, remodelaciones y acabados para construcción.

2.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.

Para el desarrollo de la investigación se tomó como objeto de estudio la empresa Inmogas Ltda., Su principal línea de negocio es la instalación y mantenimiento de gasodomésticos para las propiedades residenciales ubicadas en los estratos 3, 4,5 y 6 de la ciudad de Bogotá. Cuenta con dos canales de comercialización: uno a través de la prestación de servicio a las inmobiliarias o residentes de las viviendas, y la otra bajo contratos y licitaciones con Gas Natural Fenosa. En los dos casos se manejan pagos a 30 días. Para estas instalaciones, la empresa mantiene un “stock” de materiales que se necesitan para poder dar respuesta a las solicitudes que reciban, unos con un costo bajo, como elementos de ferretería, tuercas, tornillos, tubos, interruptores, entre muchos otros elementos, y otros muy costosos como lo son las chimeneas, calentadores y demás gasodomésticos. En el Gráfico 2. se muestran algunas de las acometidas que ha realizado la empresa.

Gráfico 2. Instalaciones realizadas por la compañía

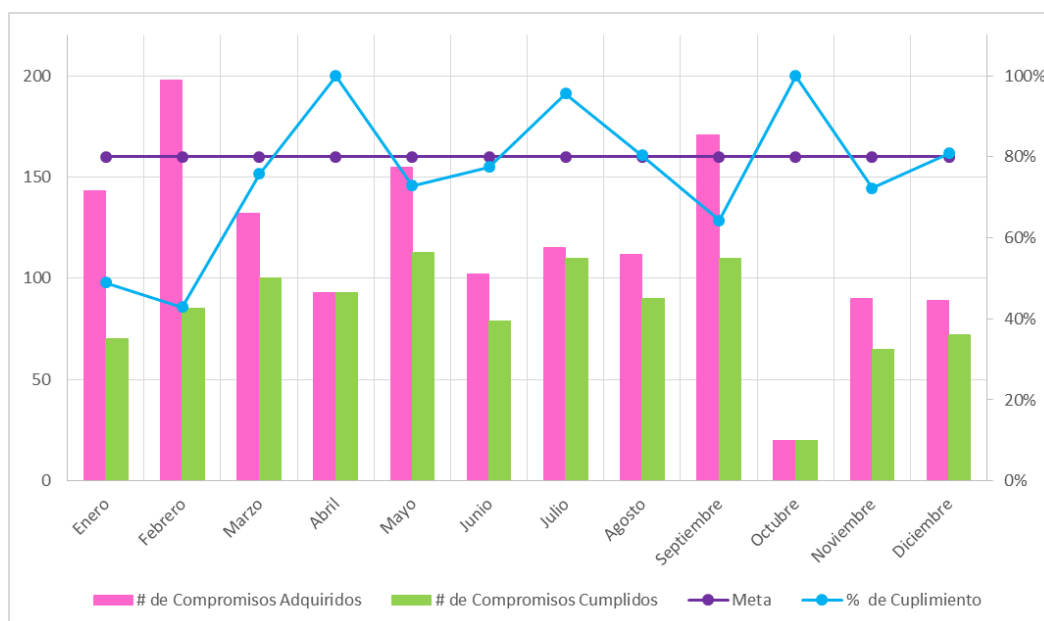


Fuente: Inmogas Ltda.

En la actualidad, cuando se genera una solicitud de servicio, no se cuenta con la capacidad de respuesta inmediata que requiere el mercado, esto debido a la falta de planeación, organización y logística en cuanto a la prestación de servicios; no se cuenta con un sistema de información adecuado que retroalimente la salida y la entrada de materiales a la bodega, por lo que actualmente la empresa no tiene claro qué materiales salen ni a qué servicio están siendo destinados, lo que genera grandes pérdidas de capital y valoración de precios al mercado posiblemente errados.

Además, teniendo presente que se manejan tiempos de suministro entre tres (3) y cinco (5) días por parte del único proveedor, constantemente se presentan retrasos atribuidos a la falta de material. Ya que en este momento no existe un formato de requerimiento de materiales ni un proceso de compras establecido. La estimación de pedidos de materia prima se realiza con base en la percepción del gerente, siendo esta, el único factor influyente para tomar la decisión. Sumándose a esto, se tienen problemas de comunicación entre áreas, lo que no permite tener un control adecuado de los clientes, y claramente genera un constante incumplimiento en el servicio. En el Gráfico 3. se ilustra esta problemática, con base en los datos obtenidos de los compromisos que adquirió la compañía con sus clientes y los que realmente respondió en el año 2014.

Gráfico 3. Nivel de Cumplimiento de la Empresa.



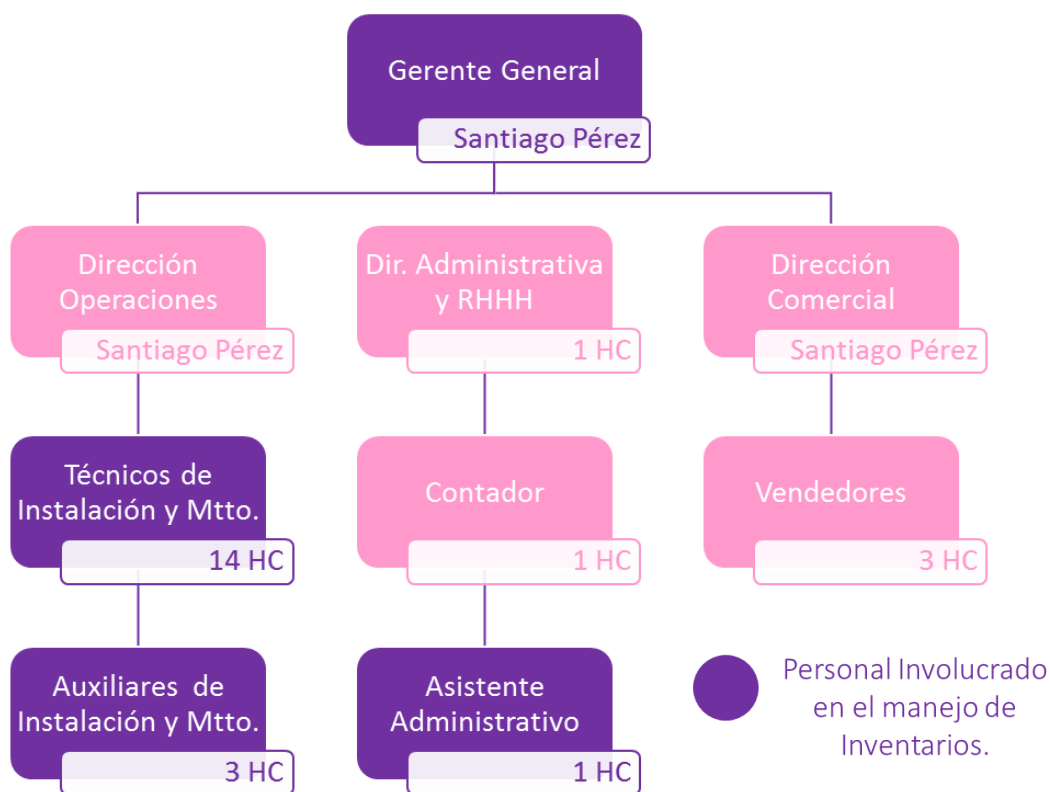
Fuente: Los autores, 2015.

En cuanto al almacenamiento, todo el material está siendo ubicado en una bodega dentro de las instalaciones de la compañía y no hay una sola persona encargada

de su control y mantenimiento. Cualquier colaborador puede entrar y salir con elementos sin justificación, y eso no queda registrado, por lo que difícilmente puede hacerse seguimiento al uso que le den.

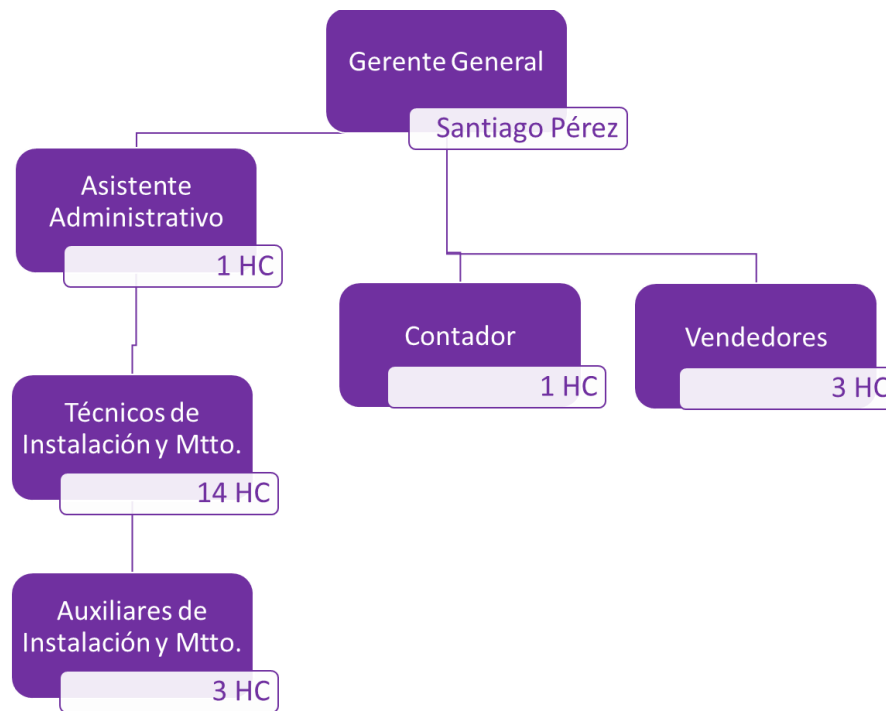
La mayoría de estos problemas, recaen en el hecho de que la empresa debe mantener inventarios de materiales para su operación, que en este momento se encuentran descuidados y están generando altos costos de operación, considerando además que se trata de una empresa familiar, cuyo gerente hace las veces de “todero” y no existen roles claramente definidos que permitan entender la línea de jerarquía que los colaboradores debieran seguir, por lo que en medio de la informalidad, se cometen errores imperceptibles durante la operación. En el Gráfico 4. se observa el organigrama formal de la compañía, mostrando los participantes en el proceso de inventarios, y en el Gráfico 5. se observa el organigrama de poder.

Gráfico 4. Organigrama Formal de la Compañía.



Fuente: Los Autores, 2015.

Gráfico 5. Organigrama de Poder en la Compañía.



Fuente: Los Autores, 2015.

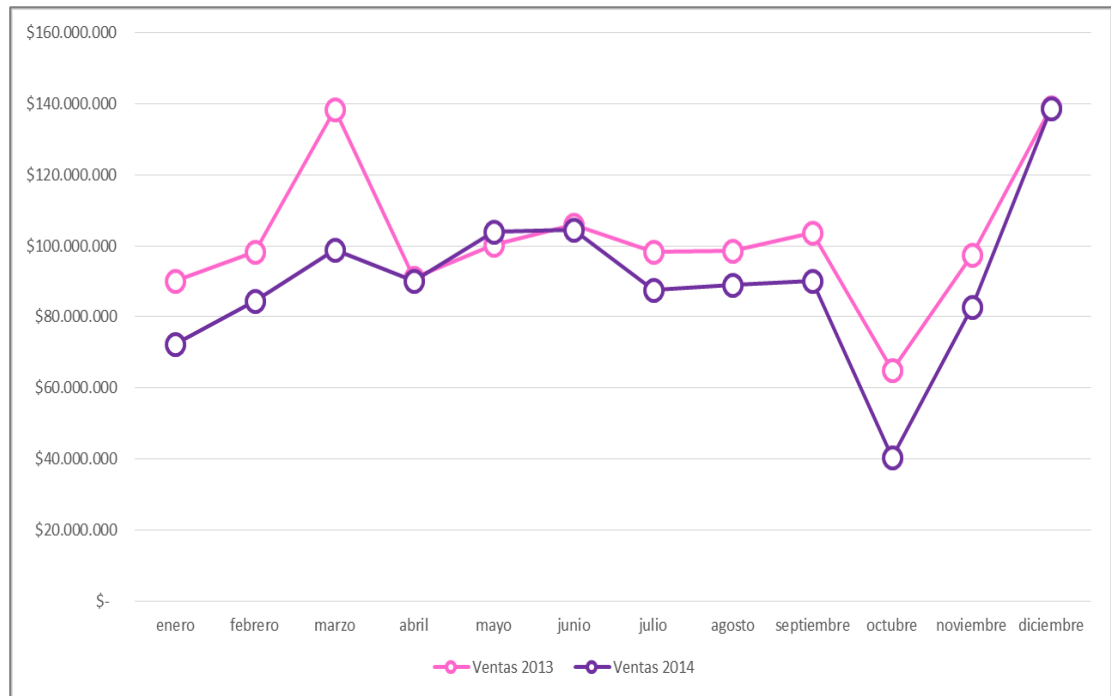
De acuerdo a lo observado en el organigrama formal de la empresa, se revela la incidencia de los diferentes cargos en el problema de control de inventarios descrito anteriormente. Siendo el Gerente General, el principal involucrado, junto a los cargos operativos y la persona que apoya el área administrativa.

Paralelamente, se analiza el organigrama de poder de la compañía, donde se puede ver la importancia del cargo en este momento denotado como “auxiliar administrativo”, dado que además de la relación que tiene con la problemática presentada, es un decisor en el proceso, teniendo autoridad sobre el personal y las políticas de Inmogas.

Finalmente, la compañía no es capaz de satisfacer la creciente demanda que se presenta. Se cuenta con gran potencial y experiencia acumulada durante más de 8 años, en la prestación de los servicios ya mencionados, y siendo una empresa con todas las herramientas para estar liderando el mercado, no lo ha conseguido, por las fallas que presenta en sus diferentes áreas. En la Figura 1. se muestra la relación de los diferentes problemas que tiene la compañía a través de una espina de pescado, donde se identifican las diferentes causas de la situación descrita, analizadas desde cuatro perspectivas:

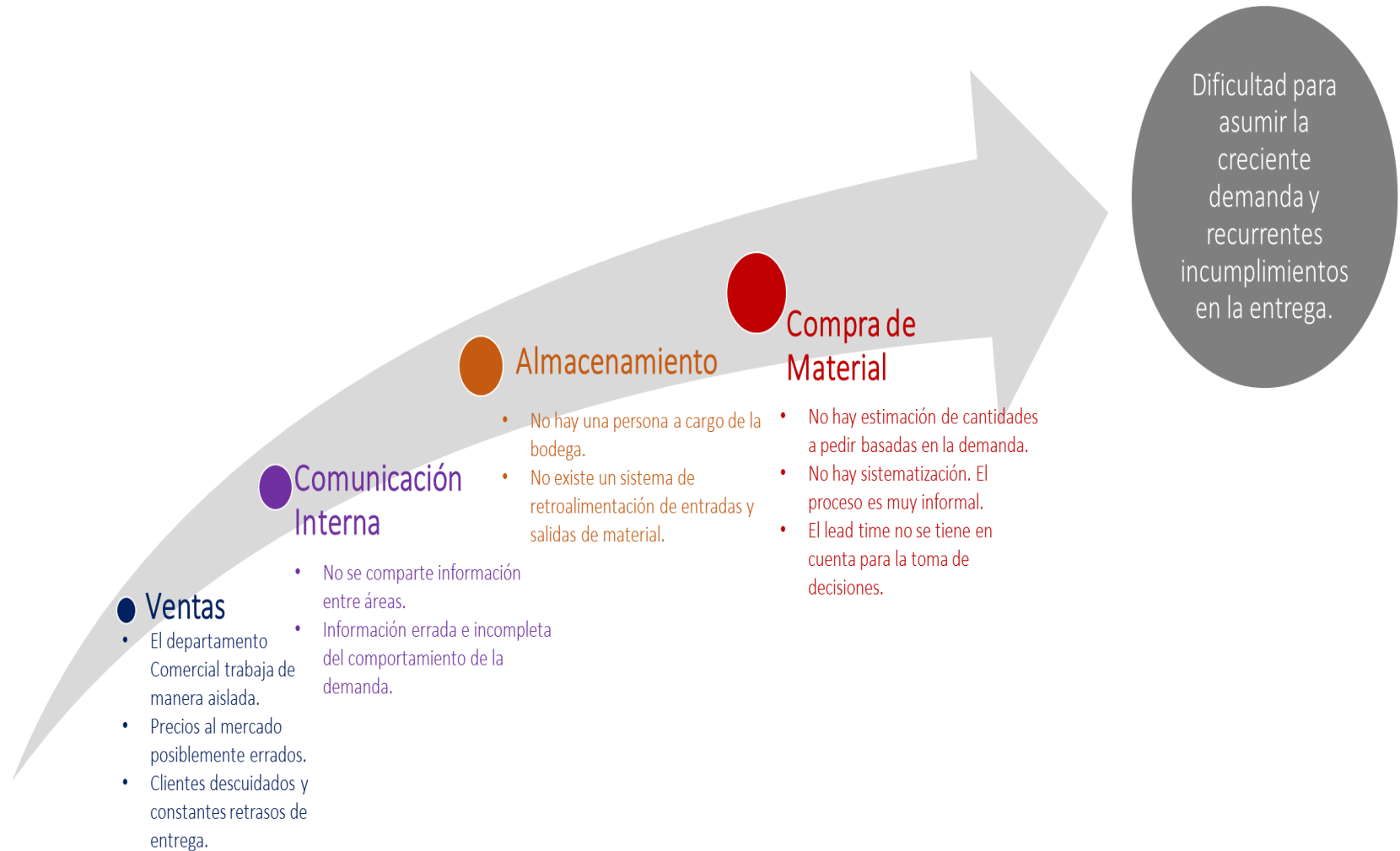
- **Almacenamiento:** Principalmente pueden atribuirse las fallas presentadas en este aspecto, a la ausencia de una definición de roles y responsabilidades, que permitan a los empleados de la compañía seguir un procedimiento establecido, siendo la falta de una persona exclusivamente destinada al manejo de la bodega un factor crítico, que está generando afectación en la operación de la empresa. Además de esto, la falta de información de entradas y salidas al almacén, se traducen en “cero control” de lo que se tiene y lo que se necesita para la prestación de servicios. No hay manera alguna de contabilizar lo que se lleva en inventario y mucho menos de controlarlo.
- **Comunicación Interna:** Una falla recurrente en las empresas, sobre todo al ser familiares, es la independencia con la que funcionan cada una de sus áreas, y no es un caso contrario el que se presenta en Inmogas. Cada uno de sus departamentos actúa sin considerar lo que pueda significar para los demás, dejando de lado la misión y visión organizacionales, y “empujando” cada uno para diferentes frentes. Sumado a esto, dentro de la empresa se ignoran los diferentes métodos o bases teóricas que pueden ser útiles para la correcta toma de decisiones, basando las políticas de compra en percepciones de ventas, que surgen del estado de ánimo del gerente, quien en este caso además asume el rol de comprador.
- **Proceso de Compra de Material:** Este es un aspecto que resulta de la suma de los dos factores anteriormente descritos, considerando que no existe un procedimiento de compra de material, el cual en la realidad se opera bajo la informalidad. Ni la demanda, ni el tiempo de suministro, ni los niveles de incumplimiento generados hacen parte de las consideraciones a tener en cuenta para tomar la decisión de ¿cuánto, cada cuánto o qué pedir?
- **Ventas:** Ya que este departamento funciona aislado de los demás, nunca se tiene información clara de qué quiere el cliente, cuándo lo quiere y para qué lo quiere, olvidando que es él, el factor clave de este, y de cualquier negocio. Se estiman costos injustificados, que pueden estar generando pérdidas no perceptibles, además de los incumplimientos recurrentes que se presentan, que no solo conllevan a la pérdida de mercado, sino al pago de multas a Gas Natural Fenosa por los servicios no atendidos. En el Gráfico 6. se muestra la relación de las ventas en el año 2013 vs las del 2014, evidenciándose una reducción promedio de \$ 11.925.752 entre los dos años.

Gráfico 6. Comparación de Ventas entre los años 2013-2014.



Fuente: Los autores, 2015. Información suministrada por Inmogas Ltda.

Figura 1. Problemática de la Empresa Inmogas Ltda.



Fuente: Los autores, 2015.

2.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

¿De qué manera se puede desarrollar la gestión de planeación de inventarios para equilibrar la relación entre el costo y el nivel de servicio en la empresa INMOGAS LTDA.?

2.4 OBJETIVOS.

2.4.1 Objetivo General.

Desarrollar un sistema de planeación de inventarios para equilibrar la relación entre el costo y el nivel de servicio en la empresa prestadora de servicios “INMOGAS LTDA.” a través de un sistema de control de inventarios.

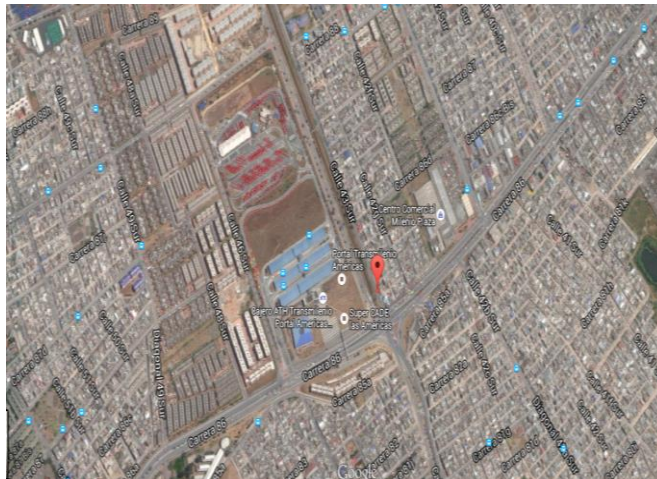
2.4.2 Objetivos Específicos.

- Diagnosticar el proceso actual de la compañía, usando diferentes métodos de observación para así reconocer las principales fallas que se están presentando.
- Identificar el comportamiento de la demanda, mediante la evaluación de los datos históricos para la identificación de un posible modelo de aplicación.
- Desarrollar un sistema de planeación de inventarios que equilibre la relación que existe entre el costo y el nivel de servicio, para contribuir al incremento de la eficiencia de la compañía.
- Realizar una evaluación financiera del sistema propuesto mediante la relación Costo/Beneficio para la cuantificación económica de su implementación.
- Validar el sistema mediante la comparación de indicadores de gestión entre el proceso actual y el propuesto.

2.5 DELIMITACIÓN DEL PROYECTO.

- **Temático:** La investigación está orientada a una propuesta de un sistema de planeación de inventarios.
- **Geográfico:** Se llevará a cabo en la empresa INMOGAS LTDA. actualmente ubicada en la calle 43 sur No 86 - 70, Bogotá, Colombia. (Ver Gráfico 7).

Gráfico 7. Mapa Ubicación Inmogas Ltda.



Fuente: Google Maps.

- **Temporal:** Se desarrollará dentro de los 9 meses posteriores a la aprobación del anteproyecto.

2.6 MARCO METODOLÓGICO.

2.6.1 Tipo de Investigación.

El tipo de investigación a aplicar es mixta, ya que pretende hacer uso de la medición numérica, el conteo y frecuentemente de las estadísticas para establecer con exactitud los patrones competentes a la investigación, de la misma manera se espera emplear métodos de recolección de información no estructurados como lo son las entrevistas, obteniendo puntos de vista y perspectivas de los participantes, buscando descripciones detalladas de situaciones y eventos presentados anteriormente.

El proyecto considera una lógica deductiva, buscando inferir la conclusión con base en las premisas planteadas y buscando obtener una comparación bajo indicadores de gestión que valide el resultado, incluyendo un enfoque tanto de la investigación cuantitativa como de la cualitativa.

2.6.2 Cuadro Metodológico.

En la Tabla 1. se muestran las actividades, metodología y técnicas de recolección de datos que se emplearon para dar cumplimiento a los objetivos expuestos en el proyecto.

Tabla 1. Cuadro Metodológico.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ACTIVIDADES	METODOLOGÍA	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS
Diagnosticar el proceso actual de la compañía, usando diferentes métodos de observación para así reconocer las principales fallas que se están presentando.	Identificación del funcionamiento de cada uno de los procesos dentro de la empresa.	A través de entrevistas con las directivas de la compañía, de manera que puedan establecerse las oportunidades de mejora en cada uno de los procesos; dicho análisis se basará en una matriz DOFA.	<ul style="list-style-type: none"> • Entrevistas al personal de la empresa. • Método de Observación. • Revisión de documentos existentes. • Diagramas de análisis causal.
	Estudio de las debilidades, fortalezas, amenazas y oportunidades de la empresa.		
	Análisis la información recolectada y reporte del diagnóstico inicial.		
Identificar el comportamiento de la demanda, mediante la evaluación de los datos históricos para la identificación de un posible modelo de aplicación.	Revisión de datos históricos de la demanda de los cuatro (4) años anteriores.	Aplicando las pruebas de bondad de ajuste a los datos encontrados: Test de Kolmogorov–Smirnov, Test de Anderson–Darling y Test de chi cuadrado, haciendo uso de la herramienta Stat Fit (Promodel).	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión de los datos históricos de la demanda proporcionados por la empresa.
	Análisis estadístico que apropie la distribución de probabilidad que más se ajuste a los datos.		
	Comparación de varios modelos de acuerdo a los resultados obtenidos, que se adecúen a la situación de la empresa.		

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ACTIVIDADES	METODOLOGÍA	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS
Desarrollar un sistema de planeación de inventarios que apunte a un incremento en el Nivel de Servicio de la compañía, para la nivelación de costos en la gestión.	Recuento de las referencias y cantidades de productos existentes actualmente en bodega	A partir de una comparación entre los diferentes sistemas ajustables a la situación de manera que pueda establecerse de la empresa, de manera que pueda establecerse cuál de ellos es la mejor alternativa. Se basará la investigación en los análisis estadísticos realizados anteriormente.	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión de bibliografía Especificada. • Análisis de los resultados estadísticos obtenidos. • Método de Observación.
	Puntualización del nivel de servicio que se espera obtener con el desarrollo del sistema.		
	Definición de niveles de inventarios que se ajusten al comportamiento de la demanda.		
	Delimitación del "Stock de Seguridad" según las necesidades del sistema.		
	Planteamiento del sistema de planeación de inventarios que más se ajuste a las necesidades de la empresa.		
Realizar una evaluación financiera de la implementación del sistema de control de	Relación costo beneficio conforme al sistema planteado.	Mediante un estudio financiero de los costos del proyecto.	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de información financiera de la compañía referente al proyecto. • Indicadores financieros.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ACTIVIDADES	METODOLOGÍA	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS
inventarios, con la relación Costo/Beneficio para la cuantificación económica de su implementación	Costeo de las actividades relativas a la implementación del sistema de control de inventarios propuesto		
Validar el sistema mediante la comparación de indicadores de gestión entre el proceso actual y el propuesto.	Definición de las variables dentro del sistema de inventarios que son medibles y cuantificables.	Identificando las variables que sean susceptibles de análisis dentro del sistema, para así, realizar una matriz de indicadores de gestión que muestre la relación real entre la situación actual y la solución propuesta.	<ul style="list-style-type: none"> • Matriz de indicadores de gestión del sistema propuesto. • Herramientas de análisis de información.
	Diseño de los indicadores de gestión.		
	Objetivos para los indicadores de gestión		

Fuente: Los Autores, 2015.

2.7 MARCO TEÓRICO.

2.7.1 Inventarios.

Los inventarios son elementos y materiales que una empresa almacena para su operación, bien sea aquellas existencias destinadas a la comercialización, las que hacen parte de un proceso productivo, o las utilizadas para la prestación de un servicio.¹⁰ Los inventarios nacen de la carencia de conocimiento de la demanda que pueda presentarse a lo largo de un periodo de tiempo, ya que al ser esta variante, la empresa debe tener una herramienta que le permita mantener un porcentaje de nivel de servicio ante el mercado.

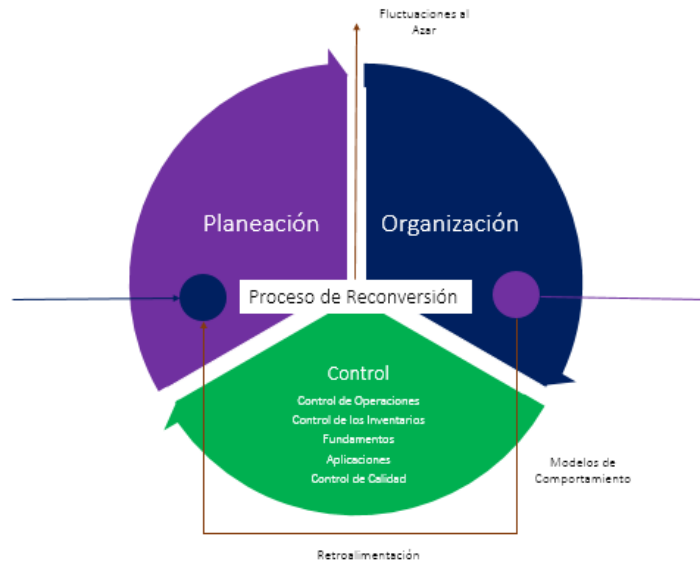
En una empresa, con la finalidad de mantener las utilidades, es necesario llevar registros de existencias en cuanto a cantidad y valores; muchas veces, aun cuando la labor del empleado encargado es correcta, elementos y carencias gerenciales pueden convertirse en un verdadero problema. Teóricamente, al menos una vez al año, debería llevarse un inventario, extrayendo la información de la lista de materiales en existencia, esto con el fin de hacer un recuento del capital allí invertido.

De acuerdo a la naturaleza de la compañía e incluso de los departamentos dentro de la misma, el concepto de “Inventario” puede entenderse de una manera u otra, por lo que dar una definición precisa puede volverse subjetivo; lo que sí es claro, es que los inventarios son parte indispensable para la operación diaria de la empresa, por lo que su inadecuado control puede verse directamente reflejada en las utilidades de la compañía. En la Figura 2. Se presenta el control de los inventarios relacionado estrechamente con la planeación y la organización.¹¹

¹⁰ EVERETT E. Adam Jr., RONALD J. Ebert. Administración de la Producción y las Operaciones. Editorial Dossat. Madrid España. 1981.

¹¹ Ibid., p. 529.

Figura 2. Actividades de la administración de producción/operaciones.



Fuente: EVERETT E. ADAM Jr., RONALD J. EBERT. Administración de la Producción y las Operaciones. Editorial Dossat. Madrid España. 1981.

Los inventarios aparecen como una necesidad, ya que estando en un mundo cambiante, y sin tener control sobre diferentes aspectos que pueden afectar a la empresa, debe tenerse un plan de contingencia que mitigue el impacto de diferentes riesgos que se presentan. Por ejemplo, como el tiempo que tardará el proveedor en entregar un pedido es variable, una compañía debe conservar existencias para evitar los faltantes debido a demoras. Otro factor de incertidumbre, es la demanda, y entre menos conocimiento se tenga de su comportamiento, aparecerán más inventarios que eviten incumplimientos ante un incremento en el consumo. Una empresa también, puede decidir temas de inventarios a fin de nivelar costos, y es ahí donde aparecen las economías de escala.

En el gráfico 8. se muestra la relación existente entre la cantidad de inventarios que mantiene una empresa vs. los problemas que esta pueda estar presentando. Según Edward J. Hay ¹² entre más problemas haya en una compañía más necesidad de inventarios va a tener, con el fin de ocultarlos.

¹² HAY, Edward. Justo a Tiempo. Grupo Editorial Norma. 2003, p. 26

Gráfico 8. Los inventarios usados para esconder los problemas de la organización.



Fuente: Los autores, 2015 basados en Edward J. Hay. 2003.

2.7.2 Clasificación de los inventarios.

Según dice Radford¹³, existen dos clasificaciones importantes de los inventarios: Según su Función o según su Forma. Según su función enuncia los siguientes:

- **Inventario de Seguridad:** Es aquel inventario que se tiene para cubrir la incertidumbre a la cual puede verse inmersa una compañía. Busca que la empresa, pese a las condiciones aleatorias de su entorno, consiga mantener un nivel de servicio adecuado y tener mayor capacidad de respuesta ante el cambio.
- **Inventario de Desacoplamiento:** Es el inventario que está entre dos procesos que no funcionan de manera sincronizada, por lo que la existencia de inventarios puede hacer que la operación funcione de manera menos interrumpida.
- **Inventario de Tránsito:** Es el inventario existente a lo largo de la cadena de suministro, son aquellos productos, insumos, materiales, etc., solicitados y que aún no han sido recibidos por la empresa. Se trasladan de un eslabón a otro dentro del flujo de la cadena de valor.
- **Inventario de Ciclo:** Este inventario nace del modelo de Lote económico, aparece cuando pedir una gran cantidad de unidades representa un menor costo

¹³ RADFORD, Russell. Administración de Operaciones y Producción: Calidad Total y Respuesta Sensible Rápida. McGraw-Hill, 1997. 648 p.

al de mantenerlas, por lo que la empresa puede considerar pedir más de lo que necesita y almacenar una parte por un periodo de tiempo.

- **Inventarios de Previsión:** Cuando la demanda de una empresa es estacional, esta puede elegir producir o comprar una gran cantidad de unidades en periodos de demanda baja y así cubrir la necesidad del mercado durante los picos.

Y según su forma, considera:

- **Inventario de Materia Prima:** Constituye al almacenamiento de los materiales necesarios para la elaboración del producto.
- **Inventario de Producto en Proceso:** Partes del producto que se mueven y almacenan a lo largo del proceso productivo.
- **Inventario de Producto Terminado:** Está conformado por las unidades de producto finalizado ya listas para ser comercializadas.

Otros autores, mencionan también la clasificación ABC¹⁴, la cual nace del aporte del economista Wilfredo Pareto, quien planteó que el 80% de los ingresos estaba concentrado en el 20% de la población, y el 20% restante estaba repartido en el otro 80%. De esta manera, el estadounidense Ford Dickie, basado en esta teoría esboza que: "En cualquier inventario, una pequeña fracción determinada en términos de elementos, representa una fracción mayoritaria en términos de efectos".¹⁵

La función de la clasificación ABC del inventario, es segmentar las unidades bajo criterios establecidos previamente; estos criterios pueden ser considerados según la naturaleza de la empresa, por lo que podrían suponerse arbitrarios en cierta medida. Sin embargo varios autores coinciden en que los indicadores de importancia deben estar basados en el valor económico que tienen los inventarios.

Siguiendo los criterios de clasificación que enmarca Gutiérrez¹⁶ se agrupan los inventarios así:

- **ZONA A:** Agrupa entre el 10% y 20% de unidades y corresponde del 60% al 80% de la valorización del inventario. Constituyen la parte más importante para la empresa, por lo que el control para esta zona debe ser la más rigurosa. Debe ser la parte central el cuanto a gestión y administración de las existencias.

¹⁴ PARADA GUTIÉRREZ, Óscar. Un enfoque Multicriterio para la toma de decisiones en la gestión de inventarios. Cuadernos de Administración, 2009, vol. 22, no 38.

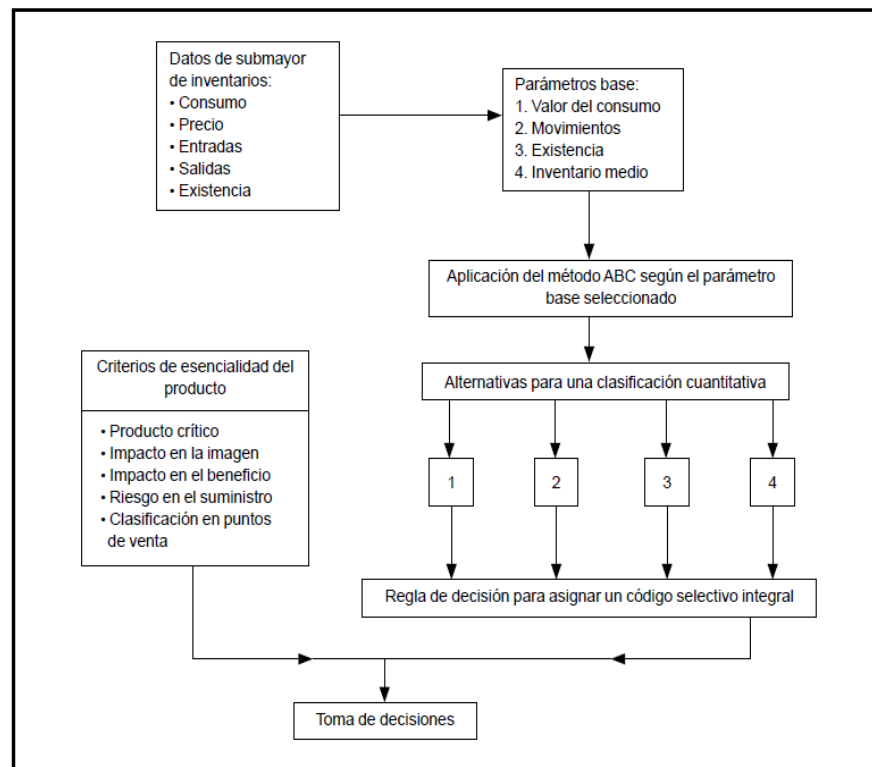
¹⁵ Ibid., p. 175.

¹⁶ Ibid., p. 175.

- ZONA B: Equivale del 20% al 30% de la valoración del inventario y agrupa del 20% al 30% de existencias. Tiene una importancia media para la empresa, deben recibir una gestión constante, pero no representan prioridad a la hora de estimar un modelo.
- ZONA C: Son los de menor importancia para la empresa. Agrupan entre el 50% y el 70% y representan del 5% al 15% de valorización de inventario

Mostrando un enfoque diferente, Parada Gutiérrez¹⁷, establece el proceso convencional en la aplicación de la Metodología ABC y propone un nuevo enfoque que se adapta más a las condiciones actuales de una compañía tal y como se presenta el Gráfico 9.

Gráfico 9. Representación del Enfoque Multicriterio en la Aplicación del Método ABC.



Fuente: PARADA Gutiérrez, Oscar. Un Enfoque Multicriterio para la toma de decisiones en la Gestión de Inventarios. 2009.

¹⁷ Ibid., p. 176.

2.7.3 Costos asociados a los inventarios.¹⁸

Muchos autores mencionan los diferentes costos que pueden relacionarse a los inventarios. Para efecto de este caso en particular, buscando asociarlo al entorno al cual pertenece la empresa, sólo se contemplaron tres tipos de costos.

El primero de ellos, se refiere a los costos en los que se incurre al hacer un pedido al proveedor, si se habla de una empresa distribuidora o que presta servicios, o los provenientes de lanzar una orden de lote al tratarse de una empresa manufacturera. Este tipo de costos puede desglosarse a su vez de la siguiente manera:

- **Costos de Mano de Obra del Departamento de Compras:** Deberán incluirse los costos de la nómina de cada una de las personas involucradas en el proceso de compras ponderado a su porcentaje de participación.
- **Costos de los Consumibles:** Se asocian todos los costos administrativos que pueda acarrear la gestión de compras. Dentro de ellos están los costos de comunicaciones, papelería, entre otros.
- **Costos de los Depreciables:** Se asocian los costos de los elementos utilizados dentro de la gestión de compras, que puedan ir perdiendo su poder adquisitivo con el paso del tiempo. Por ejemplo: computadores, celulares, impresoras, entre otros.

El costo de hacer un pedido no dependerá de la cantidad a pedir, por tal razón, es indispensable que dentro de la compañía exista una política de compra con el fin de no incrementarlo.

Otro costo a tener en cuenta, es el Costo de mantener el Inventario, el cual está asociado principalmente a cuánto cuesta tener unidades dentro de la empresa, manteniendo un stock de seguridad en la operación. A su vez, el costo de mantener el inventario puede dividirse en:

- **Costo del Almacenamiento:** Los costos que se derivan de las bodegas necesarias para tener el inventario, el personal requerido para su mantenimiento y en general cualquier costo que se derive de "acumular" unidades en la empresa.
- **Costo de Impuestos.**

¹⁸ APUNTES DE CLASE de Néstor Cordero, Profesor del curso de ingeniería industrial "Modelos matemáticos de Producción" de la Universidad Libre. Bogotá, Septiembre de 2013.

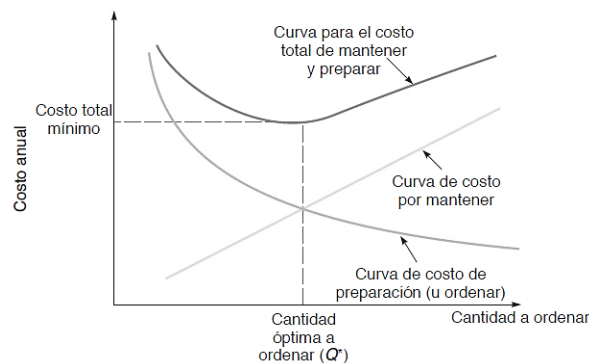
- **Costo asociado al Riesgo:** Se refiere a los costos que nacen de la posibilidad de daños, robos, o depreciación del inventario que se mantiene durante la gestión.
- **Costo de Oportunidad:** Este costo financieramente es de difícil estimación, ya que se refiere a la posibilidad de invertir el dinero en algo que genere mayor rentabilidad a la empresa que mantener el inventario. Como por ejemplo un proyecto, una licitación, una nueva planta, etc.

Finalmente, aparece un costo de escasez, que es el que se deriva de no cumplir con la demanda que dicta el mercado. Puede presentarse en dos escenarios:

- **Back Orders:** Todos los costos que se deriven de un Pedido retrasado. Se presentan cuando la empresa no tiene existencias para cubrir un pedido de manera oportuna y lo posterga mientras las consigue. Son costos de difícil estimación debido a la subjetividad en su análisis, y a que dependen directamente de aspectos cualitativos como la imagen de la empresa, la satisfacción del cliente, entre otros.
- **Lost Orders:** Todos los costos que aparezcan debido al incumplimiento de un pedido. A diferencia del anterior, estos son pedidos que ya no pueden ser atendidos en ningún momento. Puede asociarse a él un "Costo de Oportunidad", entendido como la cantidad de clientes que pueden perderse derivados del incumplimiento. Igualmente, tiene una compleja estimación, la cual se desprenderá de la pregunta ¿Cuánto dejó de recibir la empresa por ese pedido?

En el Gráfico 10. se muestra la relación de la cantidad a pedir con los costos de mantener y ordenar.

Gráfico 10. Costo total de la gestión de inventarios relacionado con la cantidad a pedir.



Fuente: Heizer, J., & Render. B. Principios de Administración de Operaciones. México (2009).

2.7.4 Ventajas de mantener los inventarios.

De acuerdo con Ballou ¹⁹, las principales ventajas de mantener inventarios son:

- **Mejoramiento del Nivel de Servicio:** Los inventarios pueden utilizarse como una estrategia para evitar el incumplimiento o el retraso en los pedidos que se presenten en la empresa, con el fin de fidelizar a los clientes e incluso adquirir más.
- **Reducción de costos de producción, de compra y/o de transporte:** Normalmente, el costo de adquirir un producto dependerá directamente de la cantidad a adquirir; a mayor número de unidades, pueden presentarse reducciones de costos de manera indirecta, debido a descuentos, o a la distribución de costos en mayor número de productos, por lo que la empresa puede decidir ampliar su lote de compra o producción, dando paso a las economías de escala.
- **Reducción de costos de operación:** Evitando interrupciones en el proceso productivo y en el transporte de determinado artículo.
- **Respuesta a factores externos o internos inesperados:** Los inventarios pueden ser una herramienta de previsión ante problemas que no pueden ser controlados por la empresa y que podrían afectarla directamente, por ejemplo un desastre natural.

2.7.5 Gestión de inventarios.

Existen una serie de factores influyentes en cuanto a la toma de decisiones dentro de un proceso de gestión de inventarios. De acuerdo a Vidal²⁰, se consideran aspectos como el ciclo de vida de un producto, donde la gestión dependerá directamente de la etapa en la que se encuentre el producto a analizar, y las decisiones que se tomen respecto al control de inventarios serán diferentes en cada una de ellas.

Otro elemento fundamental dentro de la planeación de inventarios es la diferencia que existe entre los procesos de la compañía, los cuales se estipulan en la Tabla 2. De igual manera, la participación que tenga el producto en cada uno de los procesos de la compañía.

¹⁹ BALLOU, Ronald H. GARRIDO PÉREZ, Manuel. Logística empresarial, control y planificación. Editado por: Díaz de Santos. España. 1991.

²⁰ VIDAL, C. J. Introducción a la gestión de inventarios. Universidad del Valle, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Industrial y Estadística. Cali. 2006.

Tabla 2. Tipos de Sistemas para la Gestión de Inventarios. (Adaptada de Silver y Peterson).

SISTEMA	NATURALEZA DEL PROCESO PRODUCTIVO	PRINCIPAL ÉNFASIS DEL SISTEMA
Trabajo por Órdenes (Job Shop).	Bajo volumen de fabricación.	Flexibilidad para atender una gran cantidad de órdenes diferentes.
Tamaño Óptimo de Pedido (EOQ).	Sistemas no-productivos.	Reducción de los costos de inventario, manteniendo el nivel de servicio al cliente.
EOQ en Sistemas Multi-etapas.	Distribución: Sistemas gobernados por capacidad.	Alto utilización de la capacidad disponible a costo razonable.
Material Requirements Planning (MRP)	Producción por lotes, bajo volumen, ensambles.	Coordinación efectiva de materiales.
Just In Time (JIT)	Alto volumen repetitivo.	Minimización de alistamientos (setups) e inventarios, con alta calidad.

Fuente: VIDAL, C. J. Introducción a la gestión de inventarios. Universidad del Valle, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Industrial y Estadística. Cali. 2006.

2.7.6 Modelos de inventarios.

A lo largo del tiempo son muchos los modelos de inventarios que se han conocido, cada uno de ellos aplicable a diferentes escenarios. Con base en Gutiérrez y Vidal,²¹ los modelos de inventarios pueden clasificarse, según su contexto, en cuatro grandes categorías: modelos de aleatoriedad de la demanda, modelos de aleatoriedad del tiempo de suministro, modelo de políticas de inventarios y modelos integrados para la gestión. A continuación se ahondará en cada uno de ellos.

²¹ GUTIÉRREZ, E.V & C.J. VIDAL 2008. Modelos de gestión de inventarios en cadenas de abastecimiento: Revisión de la Literatura. Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia 43, 149 p. 2008.

- **Modelo de Aleatoriedad de la Demanda:** Una vez aparece la aplicación de matemáticas y estadística para la gestión de inventarios, se empiezan a contemplar, como recopilación de muchos trabajos de investigación, una serie de modelos que contemplan la aleatoriedad a la cual está inmersa la demanda. Estos modelos, a su vez, se dividen en Modelos clásicos y Las nuevas tendencias.

Los primeros modelos de inventarios estudiados, omitían la aleatoriedad de la demanda para su diseño, esto a fin de simplificar el sistema, dependiendo del contexto. A partir de los años 50, con los aportes realizados por Girlich y Chikán²², aparecen los pronósticos como herramienta principal para la gestión de inventarios.

Los pronósticos, en la mayor parte de las industrias se vuelven una herramienta fundamental, ya que muchas de las variables de interés, generan incertidumbre. Por ejemplo, dentro de una empresa prestadora de servicios, se hace primordial pronosticar factores como el requerimiento de materiales utilizados para la operación, la carga de trabajo que se asignará a cada persona para el cumplimiento del objetivo.

La elaboración de pronósticos busca mitigar los efectos negativos que se desencadenan de la aleatoriedad del entorno, buscando estrategias para la toma de decisiones que permitan dar cumplimiento a los objetivos de la empresa y volverla más competitiva.

“El primer aspecto que debe tenerse en cuenta es que los pronósticos de demanda siempre estarán errados”²³. Dicha afirmación responde al hecho evidente de que es imposible anticiparse al futuro, por lo que los pronósticos pueden implementarse únicamente como base para la toma de decisiones de estrategias dentro de la compañía. No obstante, tener conocimiento de los errores que puedan presentarse dentro del pronóstico, puede permitir la implementación de maniobras que mitiguen/previene el impacto, como por ejemplo el stock de seguridad.

Para una estimación apropiada de los pronósticos, los datos históricos de la demanda que la empresa ha venido presentando, son un factor de importante consideración, ya que, de la exactitud de estos, definirá que modelo es aplicable a la situación que se presenta. Por obvias razones, un error de cálculo en los pronósticos, se verá directamente relacionado a un incremento en los costos de operación.

²² H. GIRLICH, A. Chikan. “The Origins of Dynamic Inventory Modeling under Uncertainty: The men, their work and the connection with the Stanford Studies”. International Journal of Production Economics. Vol. 71. 2001.

²³ C. J. Vidal. Introducción a la gestión de inventarios. Universidad del Valle, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Industrial y Estadística. Cali. 2006.

Otro de los métodos clásicos, consiste en tomar modelos inicialmente contemplados como determinísticos y adaptarlos para la aleatoriedad de la demanda. Bulter²⁴, Contempla la demanda como un factor de incertidumbre, y la evalúa respecto a tres escenarios posibles: Optimista, Más Probable y Pesimista. Esta es una de las metodologías más comunes, en donde se toman decisiones basadas en la evaluación del valor que toma la demanda en cada uno de los escenarios propuestos.

Posteriormente, Dimitris et al.²⁵ Plantea una metodología analítica, que pretende abarcar los modelos de inventarios, reconociendo la aleatoriedad en la demanda, pero sin recurrir en herramientas estadísticas para su estimación.

- **Modelos de Aleatoriedad de los tiempos de Reposición:** Contemplando lo estipulado por Gutiérrez et al.²⁶, Existen 5 maneras principales para la toma de decisiones frente a tiempos de suministro que presentan incertidumbre. La primera de ellas, es asumir el lead time como nulo, asumiendo una tasa de reposición infinita. En la segunda, se arroja un tiempo de suministro diferente a cero pero determinístico. En tercer lugar son diferentes a cero, idénticamente distribuidos y son independientes. La cuarta metodología se refiere a tiempos de suministro diferentes a cero, pero no idénticamente distribuidos ni independientes. Por último se contemplan modelos análisis de la demanda en el periodo de suministro, usando herramientas como pronósticos y estableciendo un Lead Time de seguridad.

Ya que las ordenes de pedido no llegan conforme al a como fueron realizadas, según lo demuestra Riezbos²⁷ aparece la necesidad de ajustar las políticas de inventarios conforme a esta condición.

- **Modelos de Política de Inventarios:** Una política de inventarios como su nombre lo indica, es una regla que se implementa en el transcurso del ciclo del producto. Debe dar respuesta a preguntas tales como; cuando ordenar, cuanto ordenar y cada cuanto se realiza el inventario, una política aplica para los dos tipos de demanda, la independiente y la dependiente. Es de gran importancia para dar solución a estas preguntas tener en cuenta dos aspectos importantes: El tipo de programar (Terminado o Materia Prima) y el ambiente de producción.

²⁴ BULTER, J. R. Supply Chain Design for New Products. Tesis doctoral. School of Industrial and Systems. Engineering, USA. Georgia Institute of Technology. 2003. p. 70."

²⁵ BERTSIMAS, Dimitris; THIELE, Aurélie. A robust optimization approach to supply chain management. An Integer programming and combinatorial optimization. Springer Berlin Heidelberg, 2004.100 p.

²⁶ GUTIÉRREZ, Valentina; VIDAL, Carlos Julio. Modelos de Gestión de Inventarios en Cadenas de Abastecimiento: Revisión de la Literatura. Revista Facultad de Ingeniería, 2014, no 43. 149 p.

²⁷ RIEZEBOS, Jan. Inventory order crossovers. International Journal of Production Economics, 2006, vol. 104, no 2. 675 p.

Gallego et al.²⁸, logran demostrar que la política de inventarios basada de orden en orden es de gran ayuda para establecer una política de inventarios optima en un escenario con un número de pedidos elevados y una demanda que sigue un comportamiento de distribución de poisson. En 1993, Bhatnagar et al.²⁹ Establecen una política de inventarios basada en la planeación de producción y cuando hay más de una planta dentro de la misma empresa y ellas se integran entre sí, allí se consideran las decisiones para el mantenimiento de inventario y el proceso de manufactura con el fin que sea optimo en toda la organización. Según el autor el modelo funciona siempre y cuando se contemplen 3 aspectos; abastecimiento, distribución y planeación.

Del mismo modo, Lederman³⁰, investiga sobre la problemática que existe en la relación de cadena de suministro y la gestión de inventarios, se enfoca en la dificultad que existe para determinar la política de inventario cuando hay demanda alta con relación al producto final. Muestra los métodos efectivos para la implementación de ellas y sus dificultades al momento de aplicarlas, realiza una simulación basada en una metodología de producción de ensamble de órdenes (ATO). Una de las debilidades que hay en este modelo se debe a que el de tiempo suministro es nulo.

Finalmente, Sarmiento y Nagi³¹ establecen una política de inventarios a partir de los métodos de control como el JIT y MRP, dichas técnicas se enfocan en una producción de demanda discreta. Estudia las igualdades y diferencias que existen en los modelos propuestos de planeación de producción en diferentes ambientes con el fin de conocer las disímiles situaciones que pueden presentarse en una demanda discreta.

2.7.7 Pronósticos.

Los pronósticos son el resultado del análisis histórico de determinadas variables, que buscan anticipar un comportamiento futuro, para así tener una base para la toma de decisiones. De acuerdo con HEIZER, J. et al.³² Los pronósticos se clasifican de acuerdo a su tiempo de planeación:

- **Pronósticos a corto plazo:** Son pronósticos extendidos a un horizonte menor a tres meses, razón por la cual se usan para la toma de decisiones inmediatas, como planes de trabajo, asignación de producción, compras, entre otros.

²⁸ GALLEGO, Guillermo; MURIEL, Ana; YILDIZ, T. Optimal policies with convertible lead times. *European Journal of Operational Research*, 2003. 910 p.

²⁹ BHATNAGAR, Rohit; CHANDRA, Pankaj; GOYAL, Suresh K. Models for multi-plant coordination. *European Journal of Operational Research*, 1993, vol. 67, no 2, p. 160.

³⁰ R. Lederman. Optimization of Stochastic Inventory Control with Correlated Demands. Undergraduate. Thesis. Department of Computer Science. Brown. University. USA 2003. pp. 19.

³¹ Sarmiento y Nagi. "A review of integrated analysis of production-distribution systems" 1999.

³² HEIZER, J. RENDER, B. Principios de la Administración de Operaciones. Pearson México, 2009.

- **Pronósticos a mediano plazo:** Son pronósticos con un horizonte de planeación comprendida entre tres meses y tres años, pueden ser utilizados para realizar presupuestos de operación, identificar niveles de ventas, etc.
- **Pronósticos a largo plazo:** Se extienden a un horizonte de planeación mayor o igual a tres años. Son usados principalmente para planes de expansión de mercados, planeación de infraestructura y proyectos de implementación.

2.7.8 Modelos de Pronóstico³³

Para la determinación de un pronóstico, existen algunos modelos, que permiten analizar los datos históricos de determinada variable, y predecir su posible comportamiento.

- **Modelos de Serie de Tiempo:** Se analiza la información recolectada de manera cronológica en intervalos o periodos de tiempo iguales. En este tipo de pronóstico deben considerarse cuatro aspectos fundamentales: Tendencia, estacionalidad, ciclicidad y fluctuaciones aleatorias. Dentro de los principales modelos de serie de tiempo se encuentran el análisis de promedios móviles, suavización exponencial simple y suavización exponencial doble.
- **Modelo de Intuición:** Es un modelo basado en la experiencia, en el que el decisor del proceso, basado en el comportamiento del periodo anterior, puede analizar la variable. *“La forma más simple de pronosticar es suponer que la demanda del siguiente periodo será igual a la demanda del periodo más reciente.”*³⁴
- **Modelo Asociativo:** Consiste en un modelo estadístico que considera variables dependientes e independientes, y busca la relación entre ellas. El modelo asociativo más conocido, es el de regresión lineal. Para su análisis se considera el índice de correlación, con el cual se buscará encontrar una ecuación matemática que se ajuste a los datos presentados.

2.7.9 Medidas de Error de un pronóstico.³⁵

El error del pronóstico es calculado para analizar su desempeño a través de una serie de medidas de error (MAPE, MAD, MSE), que permiten determinar el ajuste del modelo a los datos analizados.

³³ APUNTES DE CLASE de Néstor Cordero, Profesor del curso de ingeniería industrial “Modelos matemáticos de Producción” de la Universidad Libre. Bogotá, Septiembre de 2013.

³⁴ HEIZER, J. RENDER, B. Principios de la Administración de Operaciones. Pearson, México 2009.

³⁵ Ibid., p. 123.

- **MAPE:** Error porcentual absoluto medio.

$$\text{MAPE} = \frac{\sum_{i=1}^n |\text{Dato real} - \text{Dato pronosticado}|}{\text{Dato real} \cdot n}$$

- **MAD:** Desviación media absoluta.

$$\text{MAD} = \frac{\sum |\text{Dato real} - \text{Dato pronosticado}|}{\text{Número de periodos}}$$

- **MSE:** Error cuadrado medio.

$$\text{MSE} = \frac{\sum (\text{Errores de pronostico})^2}{\text{Número de periodos}}$$

2.7.10 Modelo General de Inventarios.³⁶

Los problemas asociados a la gestión de inventarios, se relacionan a tener unidades de producto para cubrir la demanda que se presente y su variación en el tiempo. Tener exceso de producto eleva los costos de mantenimiento de inventario, y tener escasez genera una ruptura de ventas. El modelo general de inventario busca dar respuesta, a partir del diseño de una política, a las preguntas ¿Cuánto Pedir? y ¿Cuándo pedir?, para esto se parte de la fórmula de costos en la cual está fundamentado el modelo:

$$\text{Costo Total} = CC + CP + CM + CE$$

Donde:

CC es igual a costo de compra del producto.

CP es igual al costo de realizar un pedido.

CM es igual al costo de mantenimiento de inventario y

CE es igual al costo de escasez o faltantes.

El análisis consiste en encontrar la mejor relación posible, entre cada uno de estos costos y la cantidad de unidades, ya que el incremento de uno de estos costos puede generar la reducción en otro, por lo que lo ideal es la minimización de la relación del *costo total*.

Pueden existir modelos de *revisión continua*, cuando se repone el inventario con base en un nivel mínimo determinado, o de *revisión periódica*, cuando el inventario es repuesto con una frecuencia determinada (cada mes, cada semana, etc.).

³⁶ TAHA, Hamdy A. Investigación de Operaciones. Novena Edición. Pearson Educación, México 2012. 824 pp.

De acuerdo a TAHA,³⁷ los modelos de inventario pueden clasificarse en cuatro grupos principales, de acuerdo al patrón que siga la demanda:

- Determinístico y constante con el tiempo.
- Determinístico y variable con el tiempo.
- Probabilístico y estacionario en el tiempo.
- Probabilístico y no estacionario en el tiempo.

2.7.11 Modelo del lote económico de pedido.³⁸

También conocido como modelo *EOQ* (*Economic Order Quantity*), o modelo de *Wilson*, su objetivo es cumplir con la demanda requerida o esperada por la empresa, equilibrando los costos de realizar un pedido y los costos de mantenimiento de inventario, minimizando así la función de costo total.

En este modelo, se adjudica una demanda con tasa constante, con tiempos de suministro iguales a cero, y sin escasez. Así, la función de costo total estará dada por la fórmula:

$$CT = A + h + C^{39}$$

Donde:

- **CT** es igual al costo total.
- **C** es igual al costo de compra o adquisición, se calcula como el costo unitario de compra por el número de unidades compradas.
- **A** es igual al costo de realizar un pedido, su cálculo es igual al costo de realizar un pedido por el número de pedidos, donde número de pedidos es igual a $\frac{D}{Q^*}$, Siendo, **Q*** igual a la cantidad *óptima* a pedir y **D** igual a la demanda promedio.
- Y finalmente, **h** es igual al costo de mantener inventario, calculado como costo unitario de mantenimiento por $\frac{Q^*}{2}$.

Así, el cálculo de lote económico de pedido, se realiza a partir de la fórmula:

³⁷ Ibid., p. 458.

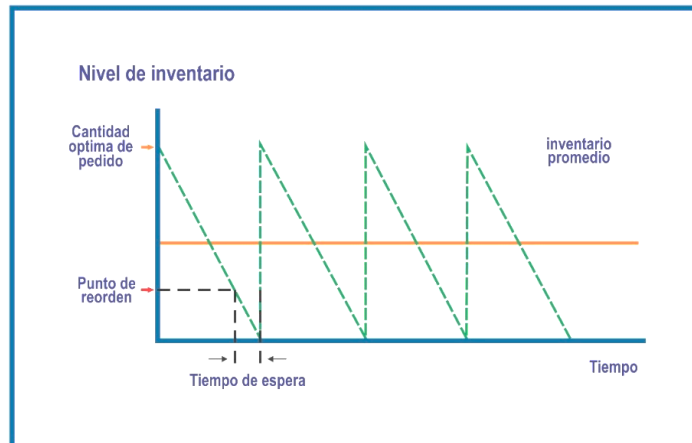
³⁸ PARRA, Francisca. Gestión de stocks. 3a ed. España: Esic Editorial, 2005. P.113.

³⁹ MAULEÓN, Mikel. Gestión de Stock. Excel como herramienta de análisis. Ediciones Díaz de Santos. España, 2008. ISBN: 9788479788728. P 38.

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DA}{h}}^{40}.$$

En la figura 3. se puede observar el patrón de inventarios que sigue el modelo.

Figura 3. Patrón de Comportamiento Modelo EOQ.



Fuente: Los autores, 2015. Basados en TAHA, Hamdy A. Investigación de Operaciones. Novena Edición. Pearson Educación, México 2012.

Los supuestos en los cuales se apoya este modelo no se acercan a la realidad, o al menos, no en su forma pura, ya que no permite analizar o prever las variables de la demanda en tiempo real.

2.7.12 Modelos de revisión periódica.⁴¹

El inventario disponible es comparado con el nivel requerido y dicha diferencia es la cantidad que se desea pedir. Un ejemplo de este sistema se presenta en un vendedor de jugos que visita periódicamente tiendas. Cada vez que se acerca a una, el proveedor revisa la cantidad de jugos que hay en existencia y aprovisiona nuevamente con las bebidas necesarias para satisfacer el stock de seguridad y la demanda requerida hasta la próxima vez que vaya a vender.

En los modelos de revisión periódica la solución a la pregunta de cuanto pedir, resulta en apariencia “sencilla” ya que las ordenes de pedido que se lanzan en un tiempo determinado (Una vez al día, una vez por semana o cada mes, por ejemplo), es llamado periodo de reaprovisionamiento. La cantidad a pedir en ese momento será la que cubra el nivel deseado de inventario. Para este modelo se utiliza algunos

⁴⁰ TAHA, Hamdy A. Investigación de Operaciones. Novena Edición. Pearson Educación, México 2012. 824 pp.

⁴¹ LEE, Krajewski A. Administración de Operaciones. Estrategia y análisis. 5ª ed. México: Pearson Educación, 2000. P. 564

de los supuestos del modelo EOQ, tales como: las restricciones no existen cuando se habla del lote del pedido, no hay incertidumbre en los tiempos de entrega y la decisión de la cantidad a pedir es independiente de otros artículos, pero, una de las diferencias es que la incertidumbre con respecto a la demanda es permitida.

2.7.13 Modelos de revisión continua.⁴²

Como su nombre lo indica este sistema mantiene una revisión continua de los inventarios. Este modelo se encarga de reordenar las cantidades que se necesitan, una vez se cumpla con la cantidad mínima de inventario, la cual se denomina como punto de re-orden. Las variables a considerar son: tiempo de entrega, demanda del producto, lead time (tiempo de entrega) y el stock de seguridad. Es importante aclarar que cuando la demanda se comporte de manera variable, el punto de re-orden se deberá actualizar de manera inmediata debido a que se corre el riesgo de generar faltantes en los inventarios antes de realizar ventas nuevas para los casos que la demanda sea mayor, cuando esta disminuye el inconveniente que se presentara es el sobre stock.

Se entiende como stock de seguridad la cantidad de producto que se utiliza para cubrir las variaciones presentadas en la demanda, es calculado de acuerdo con los consumos pronosticados.

2.7.14 Modelo de teoría de restricciones.

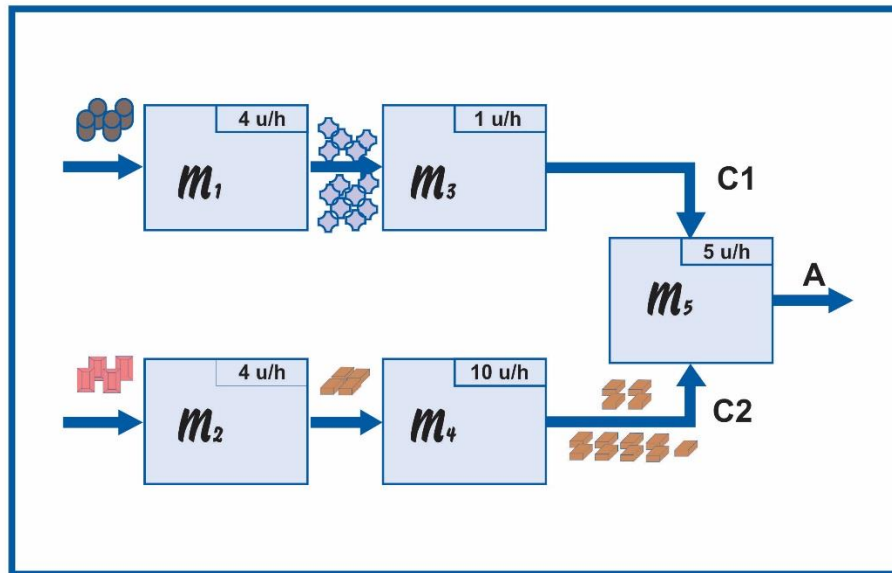
Según lo expresa Goldratt⁴³ en su novela *“La Meta”*, el objetivo primordial de una empresa es ganar dinero durante y en el transcurso del tiempo *“Si la meta de nuestra empresa es «ganar dinero hoy y en el futuro», entonces nuestro trabajo es intentar y dirigir a nuestra división hacia el logro de esa meta.”*⁴⁴. Todo lo que lleve a la organización a cumplir con la meta será productivo, aquello que la separa, no lo es. Por lo general las compañías pierden el horizonte en el transcurso del tiempo y en ese momento es cuando se empieza a maximizar y minimizar recursos que no favorecen al objetivo de la empresa. Entonces, la teoría de restricciones se encarga de minimizar el impacto de reposición a la mitad; es decir, no producir productos para lo cual no existe demanda. Para aumentar la liquidez y los ingresos es necesario centrarse en los cuellos de botella, los cuales no permiten el flujo necesario para satisfacer los pronósticos y generar los beneficios esperados. Este modelo es utilizado en las empresas de producción, donde el proceso de manufactura de una maquina depende de otra que se demora la mitad del tiempo realizado por la predecesora.

⁴² Ibid., p. 558.

⁴³ GOLDRATT, Eliyahu M. *La meta*. Ediciones Granica SA, 2010.

⁴⁴ Ibid., p. 305.

Figura 4. Teoría de restricciones.



Fuente: Los autores, 2015 basados en GOLDRATT. La meta. Ediciones Granica SA, 2010.

En la Figura 6, se observa un típico caso de cuello de botella donde la M5 el inventario C2 es muy alto, pero no es por falta de capacidad de la maquina si no, por falta de los materiales del componente C1. El cuello de botella se presenta en la M3.

Para Goldratt, el material más beneficioso será aquel que aporte un mayor beneficio al cuello de botella, es decir toda la empresa tiene que trabajar de manera sincronizada para los cuellos de botella con el fin de aprovechar mejor el tiempo de dichos procesos ya que su programación será la más importante de la fábrica, generando así mayores beneficios para la empresa.

2.7.15 Modelo Justo a Tiempo.⁴⁵

Este modelo nace un poco después de la segunda guerra mundial como un sistema de producción de Toyota. La filosofía *JIT* (Justo a tiempo por sus siglas en inglés) tiene 3 componentes básicos. Primero, equilibrar los procesos y mejorar recurrentemente la eficiencia de los mismos, segundo, todo el personal tiene que estar enfocada a la calidad, la idea es “hacerlo bien desde la primera vez” y tercero, los empleados deben ayudar a eliminar la mayor cantidad de desperdicios posibles, se necesita de la colaboración de toda la empresa.

⁴⁵ Hay, Edward J., Justo a tiempo, Grupo Editorial Norma, 2003.

Esta herramienta es de gran utilidad para proveer la cantidad de productos en las cantidades y momentos solicitados, elimina aquellas actividades que generan gastos sin dar valor alguno al producto: compras a tiempo, producción sin intervalos, control de calidad, menor costo de producción y mejorar el nivel de servicio y productividad.

El sistema Kamban es de gran utilidad para el *JIT*, ya que permite minimizar los costos de producción, es un método que, por medio de tarjetas o etiquetas, comunican lo que se necesita en cada estación para los procesos subsiguientes. Existen tres tipos:

- Kamban de retiro o transporte: Movimiento de una pieza durante el flujo del proceso.
- Kamban de Producción: Autoriza a cada estación la generación de nuevos lotes de piezas.
- Kamaban de señalización: se utiliza cuando la producción es mayor a la requerida por el *JIT* y no se puede evitar.

Otro sistema en el que se apoya este modelo, es la mejora continua y el sistema de gestión de calidad ya que da soluciones no solo en la producción si no en las demás áreas de la empresa, debido al enfoque que tienen el cual se basa en los procesos y tiene como objetivo la mejora continua. Los sistemas reguladores de control advierten a la empresa de las anomalías en el proceso de producción por medio de los métodos de control y los métodos de advertencia.

Como métodos de apoyo el *JIT* presenta herramientas tales como⁴⁶:

- Lluvia de ideas: Menciona y enumera los problemas que afectan el proceso de producción.
- Diagrama Pareto: Se utiliza para identificar las cinco principales causas de los problemas que afectan la calidad del producto, este utiliza el 80/20 el cual se refiere a que el 80% de los daños corresponden al 20% de los inconvenientes.
- Diagrama causa efecto: Identifica las causas del problema principal, ayudando a encontrar una solución efectiva que mejore la calidad.

Los pasos a seguir para la implementación del *JIT* son los siguientes:

- Balanceo de líneas: Se utiliza para minimizar la mayor cantidad de desperdicios durante el flujo de la operación.

⁴⁶ Arthur, Jay, Six Sigma simplificado, Panorama, 2003.

- Establecer precedencias: En este paso se indican el orden en el cual se deben ejecutar cada una de las tareas.
- Duración del ciclo: Tiempo máximo disponible en la estación de trabajo.
- Establecer las estaciones requeridas para el tiempo del ciclo.
- Agrupar tareas:
- Evaluar la eficiencia del balanceo.

2.7.16 Dinámica de sistemas.⁴⁷

Es una metodología desarrollada por Forrester, utilizada para el análisis del comportamiento, a través de modelamiento matemático y haciendo uso del software. El término sistema es aplicado a varios campos: sistemas ecológicos, planetarios, económicos, entre otros, los cuales tienen en común la existencia de relaciones que son de gran importancia para la sostenibilidad de cada uno. Dentro de las empresas el sistema que se coordina en el interior son las relaciones que existen entre las distintas áreas, todas deben estar asociadas y trabajar como un engranaje para mantener la armonía del negocio. La lista de casos es muy extensa tanto así, que se puede decir que todo alrededor puede representarse a través de un sistema dinámico.

2.7.17 Metodología sistémica.

Para analizar los sistemas se ha desarrollado la metodología sistémica, que es un conjunto de métodos por el cual se abordan los problemas donde el sistema es dominante. Realmente, la metodología sistémica busca incluir instrumentos con los cuales se logre estudiar inconvenientes que resultan de las interacciones que nacen en el inicio del sistema, y no de las relaciones consideradas aisladamente.

El análisis del sistema consiste en estudiar todo los componentes que lo conforman, sin embargo, no es suficiente con solo conocer las partes, es necesario saber realmente como se integran y los mecanismos de su coordinación, ya que es un conjunto de elementos que interaccionan entre sí. Estas relaciones determinan los cambios que existen entre cada uno. Esta metodología aporta un lenguaje diferente a la solución de problemas complejos porque aporta aspectos que posiblemente nunca se hayan contemplado y nos permite tener un panorama amplio en las diferentes situaciones.

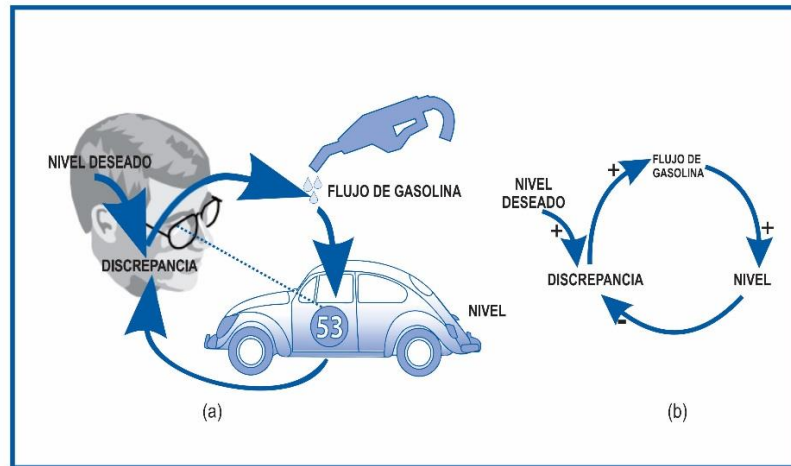
2.7.18 Lenguaje del sistema.

En la figura 7. se supone el hecho de llenar el vehículo con gasolina, su representación en el lenguaje común es sencilla, el que llena el carro, por medio de la observación revisa el nivel deseado de llenado y actúa sobre la pistola de modo

⁴⁷ ARACIL, Javier; GORDILLO, Francisco. Dinámica de sistemas. Alianza Editorial, Madrid 1995.

tal que la detiene para cuando alcance la cantidad deseada. El proceso anterior se puede mostrar de manera sistémica mediante un diagrama, donde se indican los hitos más relevantes durante este proceso.

Figura 5. Lenguaje Dinámico.

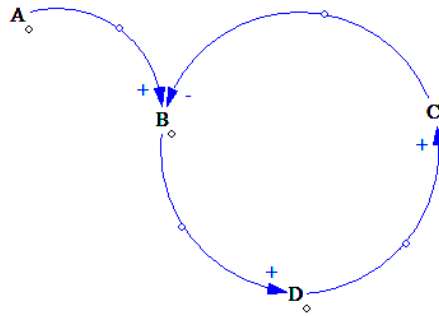


Fuente: Los autores, 2015 basados ARACIL, Javier; GORDILLO, Francisco 1995.

Este ejemplo demuestra la forma en la cual se puede analizar un sistema, descomponiéndolo en sus elementos esenciales y relacionando las influencias entre ellos. En general, si W y X son dos componentes de un sistema, el hecho de que W influya sobre X, se muestra mediante una flecha ($W \rightarrow X$), y señala que X es función de W. El conjunto de estas relaciones se presenta mediante un diagrama causal:

- **Bucle negativo:** Un ejemplo de un bucle de este estilo es simple y lo podemos observar cuando la temperatura no se acerca al valor deseado lo cual activa el calefactor o refrigerador hasta alcanzar la temperatura deseada de forma autónoma. Este tipo de bucles aunque simples pueden generar traumatismos y comportamientos contradictorios si no se detectan a tiempo. En la Figura 8. se representa un bucle negativo.

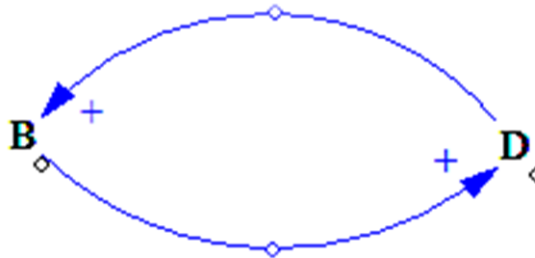
Figura 6. Representación de un Bucle Negativo.



Fuente: Los autores 2015.

- **Bucle positivo:** La retroalimentación positiva se presenta cuando en un producto la calidad es la deseada por lo tanto las ventas se aumentaran y los clientes se sentirán satisfechos este tipo de bucle es conocido también como “Bola de Nieve”. En los sistemas como la naturaleza es muy raro encontrar este crecimiento acelerado ya que tarde que temprano se encuentran unos límites. En la Figura 9. se representa un bucle positivo.

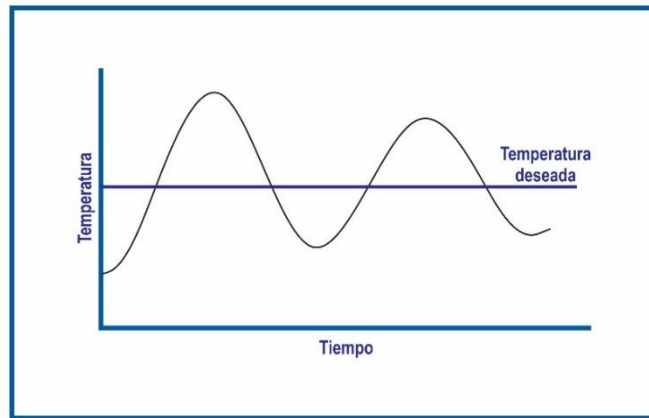
Figura 7. Representación de un Bucle Positivo.



Fuente: Los Autores 2015.

- **Retrasos:** En los sistemas siempre existirán acciones y consecuencias. Los retrasos producen inestabilidad en el proceso con realimentación negativa, produciendo oscilaciones en el comportamiento, por lo tanto el tiempo en el que se requiere la cantidad deseada de un producto ya sea ventas o temperatura se tardara más a causa de ello. La Figura 10. representa este fenómeno.

Figura 8. Representación de Retrasos.

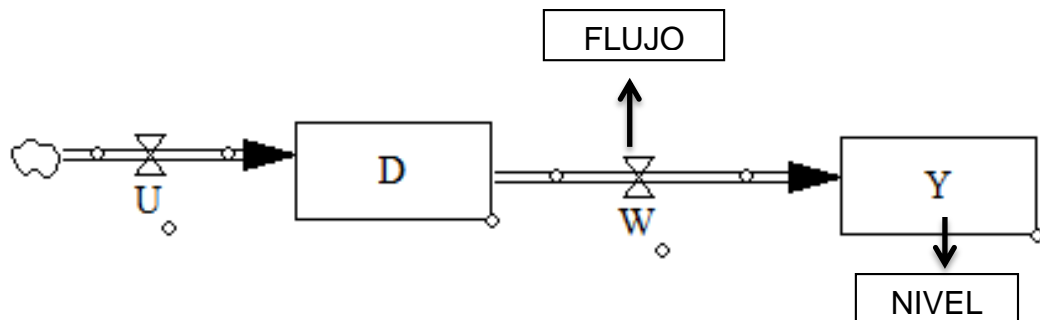


Fuente: Los Autores 2015, basados en ARACIL, Javier; GORDILLO, 1995.

2.7.19 Diagrama de Forrester.

Los elementos que aparecen en este diagrama también conocido como de influencias son: variables de nivel, flujo y auxiliares. Las variables de nivel son las más importantes y representan las magnitudes cuya evolución es significativa., asociada a ellas se encuentran las variables de flujo que son las que determinan las fluctuaciones a lo largo del tiempo, las variables auxiliares son aquellas que aparecen en el sistema y se encuentran en el intermedio y ayudan a determinar las variables de flujo. De acuerdo con lo anterior, el valor tomado por cada variable de flujo depende de los valores alcanzados por los niveles y ellos a su vez dependen de los valores que alimentan a dichos niveles, según como se observa en la Figura 11.

Figura 9. Representación de un Diagrama de Forrester.



Fuente: Los autores 2015.

2.7.20 Pruebas de bondad de ajuste.

Actualmente, la mayoría de las variables relacionadas a un proceso generan incertidumbre. Al no tener conocimiento respecto a qué puede pasar en el futuro, nace la necesidad de asemejar los comportamientos de situaciones difícilmente controlables, como la cantidad de clientes que se van a tener en determinado periodo de tiempo, a herramientas conocidas que permitan simular lo que podría llegar a pasar y así tener un criterio de decisión.

Una de las metodologías utilizadas para tal fin, son las pruebas de bondad de ajuste, las cuales buscan probar estadísticamente que el comportamiento observado de un conjunto de datos se asemeje a una distribución de probabilidad conocida. Dentro de las más usuales se encuentran: Prueba de Ji-Cuadrado, la cual aplica tanto a datos discretos como continuos, y las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Anderson-Darling las cuales solo son aplicables en datos continuos.

Para establecer si un conjunto de datos se comporta de acuerdo a una de las distribuciones de probabilidad conocidas, cada una de las pruebas tiene un proceso sistemático que busca mediante comparaciones “rechazar” o “no rechazar” la hipótesis planteada. Actualmente, existen muchas herramientas informáticas que realizan este proceso, una de ellas es *Stat Fit*, que es la que se pretende utilizar para el presente estudio.

2.7.21 Pruebas De Hipótesis.

De acuerdo a lo establecido por Berenson et al.⁴⁸ Una prueba de hipótesis inicia con una afirmación respecto a alguna situación específica. Por ejemplo, una hipótesis inicial respecto al índice del tiempo de respuesta al cliente puede ser que el nivel de cumplimiento es del 80% y que no son necesarias la toma de medidas al respecto, ya que está funcionando de acuerdo a lo establecido. A esta teoría es la que se denomina como hipótesis nula, y siempre que haya una, deberá aparecer una hipótesis alternativa, opuesta a la hipótesis inicial.

La hipótesis alternativa, será la que proporcione las conclusiones y las acciones a tomar respecto a la hipótesis nula. Cuando la hipótesis nula es rechazada, es porque la probabilidad es más cercana a la veracidad de la prueba alternativa, pero el hecho de no ser rechazada, no implica su aceptación, ya que nunca podrá tenerse una certeza absoluta respecto al hecho planteado.

⁴⁸ BERENSON, Mark L.; LEVINE, David M.; KREHBIEL, Timothy C. Estadística para administración. 4a ed. México: Pearson educación, 2006. P. 272

“Una hipótesis es simplemente un enunciado de una variable aleatoria con relación a la ley de probabilidades”⁴⁹. Tomar decisiones basadas en pruebas de hipótesis, como en todos los casos, genera un nivel de riesgo, asociado a un error en el tamaño de la muestra, a la probabilidad de errores de rechazar la hipótesis equivocada, etc. Por tal razón, es recomendable que la herramienta sea usada como criterio y no como verdad absoluta, basándose en la información que puede arrojar, y comparando respecto a otros tipos de análisis.

2.7.22 Valor Presente Neto.

Cuando se decide realizar una inversión, son muchos los factores que influyen positiva o negativamente en la misma, y que por tal razón, deben ser considerados. Financieramente, existen herramientas que miden el impacto que pueda tener la decisión de llevar o no a cabo un proyecto. Un concepto importante a tener en cuenta, es que en una inversión, cuanto más riesgo esté dispuesto a asumirse, mayor será el rendimiento que se obtenga de ella.

Uno de los indicadores para tomar decisiones de inversión, es el VPN, el cual, teniendo en cuenta el riesgo que pueda derivarse de ella, presenta un parámetro para decidir si es o no conveniente su ejecución dentro de la empresa. La técnica utilizada para su estimación, consiste en determinar el valor presente de los flujos futuros que se deriven de la inversión, con la rentabilidad esperada, midiendo así, la creación o destrucción de valor que pueda generarse a raíz de ella. “El valor presente neto de un proyecto es el valor presente de los ingresos actuales y futuros menos el valor presente de los costos actuales y futuros”⁵⁰.

En cuanto a su análisis, Emery⁵¹ considera que si en un proyecto el VPN es mayor a cero (0) la rentabilidad obtenida será mayor a la rentabilidad esperada, por lo que, financieramente hablando, la decisión de invertir sería positiva. Caso contrario, cuando el análisis de VPN da menor a cero (0), ya que el proyecto generaría una rentabilidad menor a la deseada, respecto al tiempo estimado. Finalmente, si el VPN es igual a cero (0), entonces el rendimiento esperado será igual al obtenido.

2.7.23 Tasa Interna de Retorno.

Otro de los indicadores financieros útil para la toma de decisiones es la tasa interna de retorno (TIR), la cual representa una tasa en la cual el valor presente neto será igual a cero. Al no tener uniformidad en los flujos de entrada, así como lo denota

⁴⁹ LARSON, Harold J. Introducción a la teoría de probabilidades e inferencia estadística. 1a ed. México: Editorial Limusa, 1978. P. 315.

⁵⁰ KRUGMAN, Paul R.; WELLS, Robin. Introducción a la economía: microeconomía. España: Reverte, 2006. P. 176.

⁵¹ EMERY, Douglas R.; FINNERTY, John D.; STOWE, John D. Fundamentos de administración financiera. 2a ed. México: Pearson Educación de México S.A. de C.V., 2000. p. 42.

Keat⁵², el cálculo de la TIR deberá realizarse a partir de una metodología de prueba y error, asignando un valor inicial dentro de los parámetros establecidos, probando así, diferentes valores hasta conseguir un VPN igual a cero.

Como se refiere COSS BU⁵³ La TIR es un índice que permite comparar información referente a ingresos y gastos, respecto a las diferentes alternativas de inversión que puedan existir.

2.7.24 Análisis Costo Beneficio.

Siendo obtener utilidades, el objetivo primordial de toda organización, las decisiones relacionadas con el capital dentro de la empresa, se vuelven un tema de vital importancia, teniendo así que buscar herramientas que brinden información para analizarlas y así asumir el menor riesgo posible.

Por esa razón, establecer un análisis del costo que ocasiona una inversión vs. El beneficio que esta genere, tiene justificación en garantizar que lo que se está haciendo realmente tendrá un impacto positivo para la empresa, y en que no se incurra en pérdidas de dinero y esfuerzo innecesarias.

Horngren et al.⁵⁴ Sugieren que el análisis costo beneficio, puede también considerarse al tomar decisiones de asignación de recursos, y así optimizar dicho proceso. En el proyecto que se espere ejecutar, debe garantizarse que los costos que se desplieguen de él, sea por recursos humanos, recursos físicos, recursos logísticos, etc., sean menores a los flujos de ingresos que vaya a generar.

Un costo a tener en cuenta para este tipo de análisis, es el costo de oportunidad, el cual se refiere a que la inversión sea puesta en la mejor alternativa de negocio, teniendo como criterio la rentabilidad que va a llegar a generar.

2.8 MARCO CONCEPTUAL.

- **STOCK DE SEGURIDAD:** Es un nivel de existencias que se tiene en el almacén por encima de lo que normalmente se necesita, con el fin de

⁵² KEAT, Paul G.; YOUNG, Philip K. Y. Economía de empresa. 4a ed. Buenos Aires: Pearson Educación, 2004. P. 573.

⁵³ COSS BU, Raúl. Análisis y evaluación de proyectos de inversión. 2a ed. México: Limusa, 2005. P. 73.

⁵⁴ HORNGREN, Charles T., FOSTER, George; DATAR, Srikant M. Contabilidad de Costos: Un enfoque gerencial. 12a ed. México: Pearson educación, 2007. 896p. ISBN: 978-970-26-0761-8. P. 11.

responder a la aleatoriedad de la demanda y a los retrasos que puedan presentarse a lo largo de la cadena de suministro.⁵⁵

- **TIEMPOS DE SUMINISTRO:** También denominado "Lead Time", es el tiempo transcurrido desde que se emite una orden pedido del proveedor hasta que esta es recibida satisfactoriamente en la empresa.⁵⁶
- **DEMANDA INDEPENDIENTE:** Es la demanda de artículos que no están relacionados entre sí. Se presente cuando el abastecimiento depende de las existencias que se mantengan del producto en proceso.⁵⁷
- **DEMANDA DEPENDIENTE:** Es la demanda de cualquier artículo que se necesita como resultado directo de otro artículo que también se necesita, y del cual hace parte.⁵⁸
- **DEMANDA ESTOCÁSTICA:** Cuando la demanda presenta incertidumbre⁵⁹.
- **LOTE ECONÓMICO DE PEDIDO:** Cantidad óptima a pedir o fabricar, donde se equilibra la relación entre los costos de mantener y los de hacer un pedido, minimizando la función de costo total (Modelo EOQ).⁶⁰
- **PUNTO DE REORDEN:** Es el momento en el cual debe realizarse un nuevo pedido en función a una cantidad fija.⁶¹
- **LOGÍSTICA Y ALMACENAMIENTO:** Proceso de apoyo dentro de la organización responsable de abastecer a la empresa de los insumos necesarios para una adecuada prestación del servicio.
- **CADENA DE SUMINISTRO:** Es la integración de las actividades funcionales que se encuentran a través del ciclo de un producto, la cual abarca desde que

⁵⁵ CASTILLO MARTINEZ, Jairo Alberto. Definición de stock de seguridad y punto de reorden para la compra de equipos en una empresa de servicios del sector telecomunicaciones. Bogotá D. C., 2013, 23 h. Universidad Militar Nueva Granada, Gerencia en logística integral.

⁵⁶ LUQUE, Rafaela Alfalla. Introducción a la dirección de operaciones táctico-operativa: un enfoque práctico. 1ª. Ed. Madrid: Delta Publicaciones, 2007. 330 p. ISBN: 849647769X.

⁵⁷ GARCÍA SABATER, José Pedro Ed al. Gestión de stocks de demanda independiente. 1ª. ed. Valencia: Universidad. Politécnica Valencia. 2009. 146 p. ISBN: 8497055217.

⁵⁸ Ibid., p. 19

⁵⁹ ADAM, Everett E. Administración de la producción y las operaciones: conceptos, modelos y funcionamiento. 4ª ed. España: Pearson Educación. 1991. 739 p. ISBN: 9688802212.

⁶⁰ RENDER, Barry Ed al. Métodos cuantitativos para los negocios. 9ª. ed. España: Pearson Educación. 1006. 731 p. ISBN: 9702607388.

⁶¹ Ibid., p. 200

la materia prima es transformada en productos terminados, hasta que es entregada al consumidor final.⁶²

- **PRUEBAS DE BONDAD DE AJUSTE:** Las pruebas de bondad de ajuste buscan probar estadísticamente que el comportamiento observado de un conjunto de datos se asemeje a una distribución de probabilidad conocida.⁶³
- **DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD:** Es una función que muestra la probabilidad en que determinado evento ocurra y que asemeja su comportamiento.⁶⁴
- **VALOR PRESENTE NETO:** Es un cálculo que considera el cambio del dinero en el tiempo (Inflación). Es el monto que un proyecto traerá como beneficio luego de asumir el riesgo de inversión.⁶⁵
- **TASA INTERNA DE RETORNO:** Es la tasa de descuento que hace que la suma de los flujos netos descontados sea igual a la inversión inicial.⁶⁶
- **ANÁLISIS COSTO/BENEFICIO:** Planteamiento teórico para determinar si un proyecto es oportuno desde una perspectiva económica. Se diferencia de los demás análisis financieros porque tiene en cuenta todas las ganancias y pérdidas relacionadas.⁶⁷

⁶² BALLOU, GARRIDO PÉREZ, Ronald H. Manuel. Logística: administración de la cadena de suministro. 5ª ed. España. Pearson Educación. 2004. 789 p. ISBN: 9702605407.

⁶³ VARGAS SABADÍAS, Antonio. Estadística descriptiva e inferencial. 1ª ed. España. Universidad de Castilla La Mancha. 1996. 576 p. ISBN: 848825587X.

⁶⁴ LLINÁS SOLANO Humberto Ed al. Estadística descriptiva y distribuciones de probabilidad. 1ª ed. Colombia. Universidad del Norte. 2005. 428 p. ISBN: 9588252083.

⁶⁵ EMERY, Douglas R.; FINNERTY, John D.; STOWE, John D. Fundamentos de administración financiera. 2ª ed. México: Pearson Educación de México S.A. de C.V., 2000. p. 42.

⁶⁶ JIMÉNEZ BOULANGER, Francisco Javier Ed al. Ingeniería Económica. 1ª ed. Costa Rica. Editorial Tecnológica de CR. 2008. ISBN: 997766188X

⁶⁷ LAYARD, Richard. Análisis costo-beneficio. 1ª ed. México. Fondo de Cultura Económica, 1978. 478 p.

3. DIAGNÓSTICO.

Con el fin de caracterizar la situación actual de la compañía, se propusieron dos tipos de diagnóstico: Un diagnóstico Estratégico, que busca dar características del entorno en el cual se encuentra inmersa la organización, y al mismo tiempo establecer las variables externas que puedan afectar el sistema. Por otro lado, se expuso un diagnóstico técnico, que muestra la estructura del sistema, permite determinar las variables que hacen parte de él y la correlación que tienen unas con otras.

La principal fuente de información para el desarrollo del diagnóstico resultó de la aplicación de entrevistas al gerente general de la compañía, quien suministró datos propios del negocio, que permitieron conocer la situación actual de la compañía y su entorno. (Ver Anexo 1).

Asimismo se realizó la consulta de documentos de la empresa, tales como facturas, ordenes de pedido, indicadores financieros, registro de hojas de material, entre otros, lo cual permitió la familiarización con los diferentes procedimientos y situación actual de la compañía.

3.1 DIAGNÓSTICO ESTRATÉGICO.

A partir de entrevistas realizadas a la alta dirección de la compañía, contrastadas con estudios realizados al sector al que pertenece la organización, se realizó la caracterización estratégica de la empresa, la cual se basa en dos metodologías detalladas a continuación.

3.1.1 Mapa de Procesos.

Se realizó un análisis de los procesos que conforman la organización, se determinó la relación existente entre cada uno de ellos, la influencia de uno respecto al otro, estableciendo así los procesos críticos y de mayor importancia, y finalmente se documentó en un mapa de procesos.

Con apoyo de la gerencia y de los empleados de la organización, se separan los procesos en los tres grupos generales: Procesos Directivos, Procesos Misionales y Procesos de Apoyo.

- **Procesos Directivos⁶⁸:** Se plantean tres procesos directivos dentro de la empresa: Gestión Humana, Visión Estratégica y Servicio al Cliente. Cada uno de ellos, tiene un impacto importante dentro de la organización e interactúan los unos con los otros. Se establece, a partir de entrevistas realizadas al personal, que si bien tienen gran importancia dentro de la compañía, no están teniendo el

⁶⁸ Aquellos que se centran en la toma de decisiones.

control adecuado, por lo que están teniendo impactos negativos en el desarrollo de la operación.

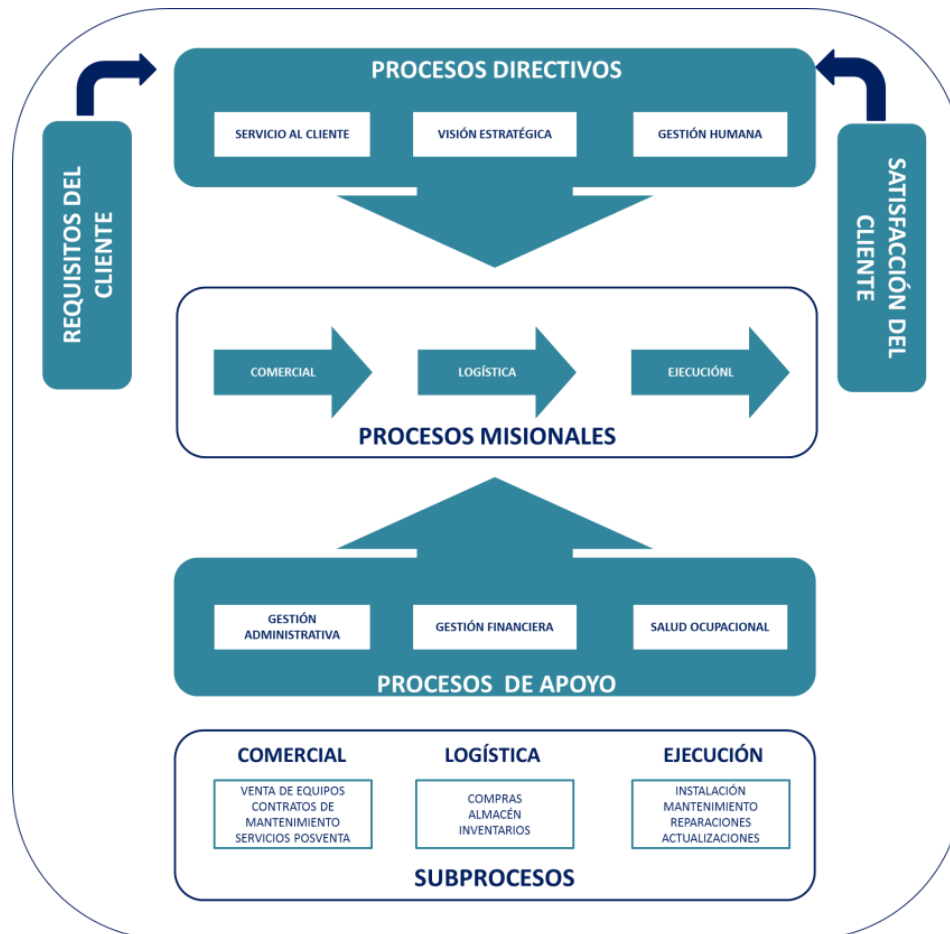
- **Procesos Misionales⁶⁹:** Comercial, Logística y Ejecución. Siendo Inmogas una empresa prestadora de servicios, son estos tres procesos el eje central de su funcionamiento. Comercial se divide dentro de la empresa en tres áreas fundamentales: Venta de Equipos Nuevos, Contratos de Mantenimiento, y Servicio Posventa. El Proceso de Logística, lo conforman las áreas de Almacén, Compras e Inventarios, en las cuales se encontraron fallas de planeación y control, debido a la carencia de políticas y estandarización de los procedimientos a seguir. Finalmente, el proceso de Ejecución está conformado por: Instalación, mantenimiento, Reparaciones y actualización de equipos.
- **Procesos de Apoyo⁷⁰:** Para el funcionamiento de la organización, aparecen tres procesos necesarios para dar soporte a los directivos y misionales: Gestión Administrativa, Gestión Financiera y Salud Ocupacional, los cuales al realizar el análisis, no estaban correctamente constituidos y carecían de objetivos claramente estipulados.

De acuerdo con la información encontrada, se propone el mapa de procesos que se observa en la Figura 10.

⁶⁹ Aquellos que aportan directamente al cumplimiento de la Misión de la Organización.

⁷⁰ Aquellos que soportan los procesos misionales.

Figura 10. Mapa de Procesos Organización Inmogas Ltda.



Fuente: Los Autores, 2015. Basados en información suministrada por la compañía Inmogas Ltda.

3.1.2 Factores críticos de éxito y conceptualización del negocio.

Una empresa que pretenda permanecer en el mercado, debe identificar claramente las características que la hacen competitiva y enfocar sus políticas al fortalecimiento de las mismas. Por esta razón, se realizó un análisis de mercado, considerando el sector al que pertenece la empresa y buscando establecer los criterios más importantes para Inmogas, de manera que se tenga una visión más clara de la razón de ser de la compañía.

El análisis realizado arrojó 9 factores críticos de éxito en la organización:

- **Nivel de Servicio al Cliente:** $\frac{\text{Servicios Atendidos}}{\text{Solicitudes Recibidas}}$

- **Oportunidad del Servicio:** Cumplimiento del tiempo de respuesta y entrega pactados con el cliente.
- **Calidad de los Materiales:** Cumplimiento de los criterios de Aceptación de los insumos necesarios para la instalación.
- **Mano de Obra para la Instalación:** Personal con las competencias y habilidades exigidas para la prestación del Servicio.
- **Políticas de Descuentos:** Cantidad de descuentos realizados a los clientes.
- **Estabilidad de los Precios:** Mantener los precios sin reducir la utilidad de la empresa.
- **Garantía:** Respaldo de calidad del servicio al cliente.
- **Soporte Posventa:** Acompañamiento y seguimiento después de la prestación del Servicio.
- **Seguridad en la Instalación:** Políticas de Seguridad dictadas por la legislación existente.

En la Tabla 3. se muestra el peso porcentual de cada uno de los factores descritos dentro de la organización y el puntaje final asignado a la empresa.

Tabla 3. Factores Críticos de Éxito en la Empresa Inmogas Ltda.

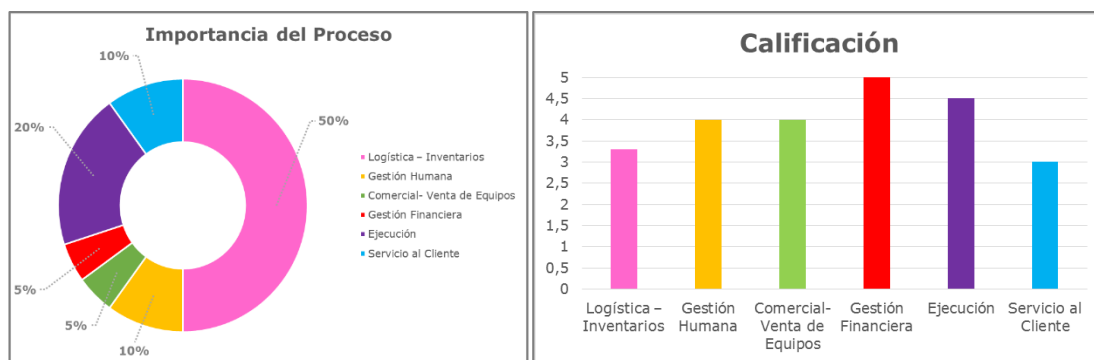
No.	Factores Críticos del Éxito	Proceso Involucrado	Peso (%)	Calificación	Peso Ponderado
1	Nivel de Servicio al cliente	Logística – Inventarios	20%	3	0,6
2	Oportunidad del Servicio	Logística – Inventarios	20%	3	0,6
3	Calidad de los Materiales	Logística – Compras	10%	4	0,4
4	Mano de Obra para la Instalación	Gestión Humana	10%	4	0,4
5	Políticas de Descuentos	Comercial-Venta de Equipos	5%	5	0,25

No.	Factores Críticos del Éxito	Proceso Involucrado	Peso (%)	Calificación	Peso Ponderado
6	Estabilidad de los Precios	Gestión Financiera	5%	5	0,25
7	Garantía	Ejecución	15%	4	0,6
8	Soporte Posventa	Servicio Posventa Servicio al Cliente	10%	3	0,3
9	Seguridad en la Instalación	Ejecución	5%	5	0,25
TOTAL				100%	3,65

Fuente: Los Autores, 2015.

Finalmente, en el Gráfico 11. se muestra la relación existente entre la importancia que tiene cada uno de los factores definidos y la calificación promedio que tiene cada uno, lo que permite ver que el proceso de Logística (Compras, Inventarios y Almacén) es el de mayor importancia en la empresa pero tiene uno de los puntajes más bajos de acuerdo a los criterios establecidos.

Gráfico 11. Análisis Importancia vs Calificación por Proceso.



Fuente: Los Autores, 2015.

3.1.3 Conceptualización del Negocio.

Es importante identificar el mercado al que pertenece la empresa, estableciendo las características principales del entorno al cual se encuentra inmerso Inmogas Ltda., para así determinar las los tipos de clientes, las necesidades a atender, y con

base en esto entender las fortalezas y debilidades que se presentan. En la Tabla 4. se describe el “*Know-How*” del negocio de la empresa.

Tabla 4. Conceptualización del Negocio de la Empresa Inmogas Ltda.

Definición del Negocio	Características
MERCADOS ATENDIDOS	- Apartamentos de la ciudad de Bogotá, estratos 2, 3, 4, 5 y 6.
CLIENTES O SEGMENTOS A ATENDER	- Inmobiliarias / Usuarios Gas Natural
NECESIDADES Y EXPECTATIVAS A ATENDER	- Instalación, mantenimiento y reparación de gasodomésticos, mantenimientos locativos
TECNOLOGIAS UTILIZADAS	Ninguna
PRODUCTOS Y SERVICIOS OFRECIDOS	<ul style="list-style-type: none"> • Asesoría en la instalación de gas natural y propano para uso, residencial, comercial e industrial. • Trámites ante gas natural. • Conversión de gas propano a gas natural. • Instalación (Venta), mantenimiento y reparación de gasodomésticos. • Diseño de instalaciones para proyectos de vivienda nueva residencial y comercial (Redes Hidráulicas, Sanitaria y de gas). • Cambio de instalaciones internas, adecuación para puntos adicionales, pruebas de hermeticidad.
PROCESOS ESTRATÉGICOS O MISIONALES	<ul style="list-style-type: none"> - Procesos Misionales: Ejecución, Logística, Comercial. - Procesos Estratégicos: Servicio al cliente, Gestión Humana, Visión Estratégica.
FUNCIONES NO DESEMPEÑADAS	Ninguna.

Fuente: Los autores, 2015.

3.1.4 Perfil competitivo y posición competitiva.

Una vez considerada la empresa desde los criterios establecidos, se hizo un análisis de mercados, que permitió ver la posición de la misma frente a sus competidores más cercanos. El estudio realizado partió de un criterio subjetivo, que depende de la apreciación de los clientes a los cuales atienden las compañías comparadas. En la Tabla 5. se detallan los resultados de la investigación realizada.

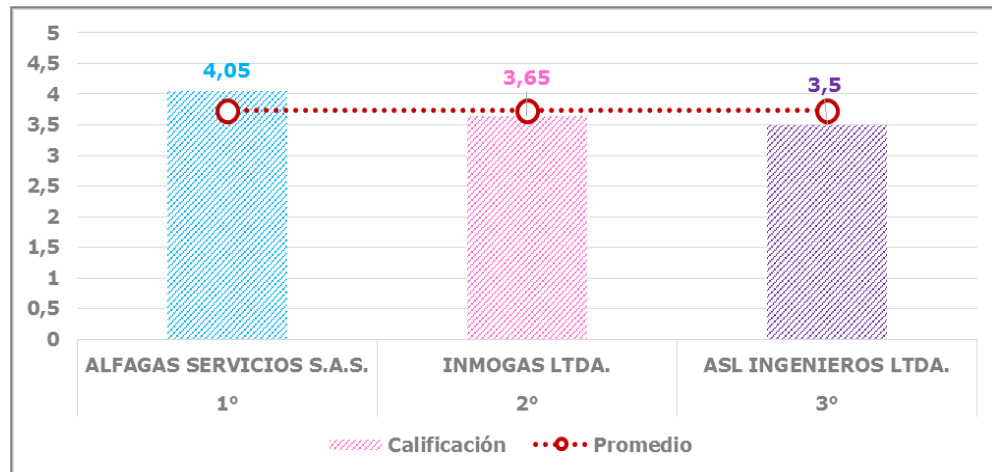
Tabla 5. Matriz del Perfil Competitivo.

No.	FACTORES CRÍTICOS DEL ÉXITO	Peso	INMOGAS LTDA.		ALFAGAS SERVICIOS S.A.S.		ASL INGENIEROS LTDA.	
			Cal.	Peso Pond.	Cal.	Peso Pond.	Cal.	Peso Pond.
1	Nivel de Servicio al cliente	20%	3	0,6	4	0,80	3	0,60
2	Oportunidad del Servicio	20%	3	0,6	4	0,80	3	0,60
3	Calidad de los Materiales	10%	4	0,4	3	0,30	3	0,30
4	Mano de Obra para la Instalación	10%	4	0,4	4	0,40	4	0,40
5	Políticas de Descuentos	5%	5	0,25	3	0,15	4	0,20
6	Estabilidad de los Precios	5%	5	0,25	5	0,25	4	0,20
7	Garantía	15%	4	0,6	5	0,75	4	0,60
8	Soporte Posventa	10%	3	0,3	4	0,40	4	0,40
9	Seguridad en la Instalación	5%	5	0,25	4	0,20	4	0,20
TOTALES		100%	3,65		4,05		3,50	

Fuente: Los autores, 2015.

De las evidencias anteriormente descritas, en el Gráfico 12. se presenta el resultado de la posición actual en el mercado de Inmogas Ltda. frente a sus principales competidores, siendo Alfagas Servicios S.A.S., con una diferencia de 0,4 puntos adicionales, su competidor más importante.

Gráfico 12. Posición Competitiva.



Fuente: Los Autores, 2015.

3.1.5 Cadena de valor.

PORTER⁷¹ define el valor como la diferencia entre los beneficios recibidos por el cliente y los costos percibidos por él al adquirir el producto o el servicio que se le está ofreciendo. Así bien, la cadena de valor analiza todas aquellas actividades que generan valor, dividiendo estas en dos grupos principales: Las actividades directas o primarias y las actividades indirectas o de apoyo. A continuación se presenta la cadena de valor propuesta para la empresa Inmogas Ltda. Definiendo como actividades primarias: Logística, Operación, Mercadeo, Distribución y Servicio Posventa, e incluyendo como actividades de apoyo: Gestión Administrativa, Gestión Financiera, Gestión Humana y Gestión de Compras, de acuerdo a lo ilustrado en la Figura 11.

⁷¹ PORTER, Michael. Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance. Simon and Schuster, 2008. 592 pp. ISBN 1416595848.

Figura 11. Cadena de Valor Inmogas Ltda.



Fuente: Los autores, 2015.

3.1.6 Análisis de capacidad interna.

Se buscó identificar las debilidades y fortalezas internas en los grupos estratégicos de la organización, a través de un análisis realizado desde una dimensión económica y financiera, una dimensión del cliente, competencia y mercados y una dimensión de procesos gerenciales, misionales y de apoyo, con el fin de establecer la capacidad interna de la compañía. En la Tabla 6. se detallan los resultados de la investigación realizada, con base en un criterio de medición de amenazas y oportunidades altas, medias y bajas.

Tabla 6. Matriz del perfil de la capacidad interna.

MATRIZ: PERFIL DE LA CAPACIDAD INTERNA DEBILIDADES Y FORTALEZAS DE ALTO IMPACTO	FORTALEZAS			DEBILIDADES		
	A	M	B	B	M	A
1.- DIMENSIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA						
Precios de Materias Primas						X
Flujo de caja						X
2.- DIMENSIÓN DEL CLIENTE COMPETENCIA Y MERCADOS						
Tiempos de entrega						X
Servicio Posventa	X					

MATRIZ: PERFIL DE LA CAPACIDAD INTERNA DEBILIDADES Y FORTALEZAS DE ALTO IMPACTO	FORTALEZAS			DEBILIDADES		
	A	M	B	B	M	A
3.- DIMENSIÓN DE PROCESOS GERENCIALES MISIONALES Y DE APOYO						
Control de las devoluciones						X
Almacenamiento						X
Evitar pérdida de material						X
Estandarización del proceso de instalación					X	
Gestión de Compras						X

Fuente: Los autores, 2015.

- **Dimensión económica y financiera:** La dimensión económica y financiera representa actualmente una debilidad alta para la empresa, por lo que se vuelve indispensable implementar una estrategia que apunte a incrementar los ingresos en la compañía.
- **Dimensión del cliente competencia y mercados:** En cuanto a tiempos de entrega, actualmente está siendo un factor de debilidad para la compañía, ya que no se tienen las herramientas para atender la demanda que se presenta en el momento que se requiere. Por otro lado, el servicio posventa y el seguimiento que se viene realizando a los clientes de la organización, se considera una fortaleza para la misma.
- **Dimensión de procesos gerenciales misionales y de apoyo:** Esta dimensión en la empresa presenta muchas debilidades, las cuales en su mayoría se deben a la falta de estandarización de procesos, carencia de una política de inventarios y a la carencia de planeación de compra de material.

3.1.7 Perfil de oportunidades y amenazas del entorno.

Con este análisis, se busca identificar el entorno en el cual se encuentra la empresa frente a sus competidores, analizando tres dimensiones principales: Económica y financiera, Clientes y mercados y Procesos Internos:

- **Dimensión económica y financiera:** A nivel externo, existen dos amenazas para la compañía: Las multas por incumplimientos y el incremento del costo de materia prima, las cuales sin una política de control adecuada, pueden generarle pérdidas económicas a la empresa. Por otro lado, la capacidad de endeudamiento se considera una oportunidad para el crecimiento de Inmogas.

- **Dimensión de Clientes y Mercados:** Esta dimensión representa para la organización una buena oportunidad de mejora, considerando factores como la regulación de Gas Natural, integración vertical de los clientes e implementación de políticas posventa.
- **Dimensión de Procesos Internos:** Se considera la estandarización de procesos dentro de la empresa como una oportunidad, teniendo en cuenta que a medida en que se organice la estructura, se tendrá un mejor control de la operación, generando así mayor competitividad.

En la Tabla 7. se presentan los resultados del análisis realizado, con base en un criterio de medición de amenazas y oportunidades altas, medias y bajas.

Tabla 7. Matriz perfil de oportunidades y amenazas del entorno.

MATRIZ POAM	OPORTUNIDADES			AMENAZAS		
	A	M	B	B	M	A
DIMENSION ECONOMICA Y FINANCIERA						
Multas de Incumplimiento del Servicio						X
Incremento en el costo de la Materia Prima						X
Capacidad de Endeudamiento		X				
DIMENSION DE CLIENTES Y MERCADOS						
Regulaciones del Gas Natural		X				
Integración vertical de los clientes	X					
Implementación de Políticas Posventa	X					
DIMENSION DE PROCESOS INTERNOS						
Estandarización de Procesos	X					

Fuente: Los autores, 2015.

3.1.8 Análisis DOFA.

Con el siguiente análisis, se buscó identificar las debilidades, fortalezas, amenazas y oportunidades a nivel interno de la compañía, y las estrategias que pueden plantearse para cada una de ellas. En la Tabla 8. se muestra la Matriz DOFA propuesta.

Debilidades: Se encontró que las principales debilidades de la empresa, están centradas en la gestión logística de la misma. Respecto a los proveedores, se detectó falta de integración con ellos y por lo tanto tiempos de suministro muy variables. Por otro lado, la gestión de compras está completamente descuidada y las decisiones están siendo tomadas sin tener en cuenta ningún factor influyente. Con relación al almacenamiento, se encontraron problemas de distribución en planta y acumulación de materiales. Finalmente, se hallaron problemas derivados de la carencia de políticas de planeación y gestión de inventarios, que le están costando a la empresa clientes y utilidades.

Oportunidades: Una de las principales oportunidades encontradas es el crecimiento del sector, ya que Bogotá es una ciudad cada vez más grande y con mayor número de habitantes que a futuro pueden convertirse en clientes potenciales para Inmogas y por lo tanto generar su crecimiento. Por otro lado, la implementación de la norma NTC 2505, en la cual la empresa se encuentra en proceso de certificación, ya que permitirá una estandarización de los procesos y el mejoramiento continuo.

Fortalezas: La principal fortaleza de la empresa es el recorrido y permanencia que ha tenido en el mercado, permitiéndole conocerlo y reaccionar rápidamente a los cambios presentados en él.

Amenazas: La principal amenaza de la compañía se centra en la legislación laboral, ya que actualmente la empresa no cuenta con estrategias de manejo de personal adecuadas, teniendo empleados con contratos no estipulados por la ley, lo cual si no se regula, puede traer grandes problemas legales a la organización.

Tabla 8. Matriz DOFA realizada en la empresa Inmogas Ltda.

MATRIZ DOFA NIVEL ESTRATÉGICO INMOGAS LTDA.			Nº	FORTALEZAS	CALIFICACION	Nº	DEBILIDADES	CALIFICACION
			1	Conocimiento del sector	100%	1	Alianza con los Proveedores	10%
			2			2	Proceso de Compras	25%
			3			3	Proceso de Distribución	15%
			4			4	Proceso de Almacenamiento	30%
			5			5	Política de Inventarios	10%
Nº	OPORTUNIDADES	CALIFICACION	ESTRATEGIAS FO Buscar, y participar en convocatorias de fomento al crecimiento de la micro y pequeña empresa. Mejorar y estandarizar procesos, de acuerdo a la norma de certificación de calidad.			ESTRATEGIAS DO Realizar procesos de inteligencia competitiva sobre los precios de las materias primas, esto con el fin de desarrollar un proceso de compras más elaborado en función del ahorro. Realizar integración horizontal con los proveedores de materias primas, haciendo especial énfasis e aquellas de difícil adquisición. Establecer un proceso de compras y planeación de abastecimiento, que permita predecir el comportamiento de la demanda y tomar decisiones con base en él. Generar rutas de distribución, minimizando costos y tiempos de respuesta, considerando los sectores atendidos actualmente por la compañía. Definir políticas de gestión de inventarios, enfocadas a cuánto, cuándo y cada cuánto pedir, con el fin de equilibrar la relación de costos en la compañía y el nivel de servicio ante el cliente.		
1	Crecimiento del Sector	85%						
2	Certificación de Calidad	25%						
3								
4								
5								
Nº	AMENAZAS	CALIFICACION	ESTRATEGIAS FA Fortalecer los contratos de los trabajadores, brindando beneficios extra salariales. Establecer planes de carrera y potencializar el capital humano de la compañía.			ESTRATEGIAS DA Procesos de minería de datos para realizar provisiones de los valores de las materias primas. Capacitar al personal en la importancia del funcionamiento del sistema logístico para la compañía, mostrando la incidencia que tiene en la labor que realizan. Generar planes de cultura organizacional enfocados al control de procesos, que permitan a los colaboradores entender y seguir las políticas de gestión establecidas y así lograr la mejora deseada.		
1	Legislación laboral	0%						
2								
3								
4								
5								

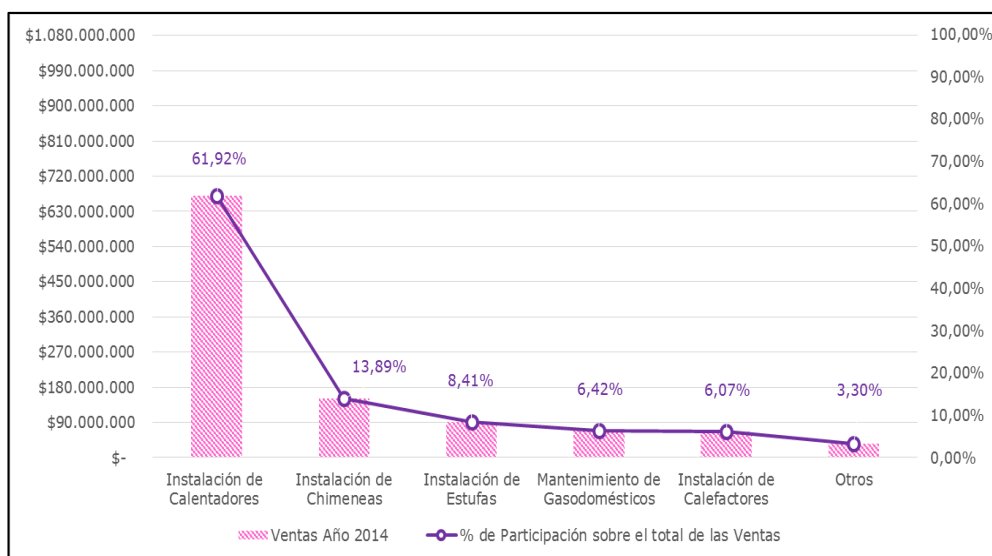
Fuente: Los autores, 2015.

3.2 DIAGNÓSTICO TÉCNICO.

3.2.1 Análisis de mercado.

Se realizó un análisis con el cual se determinó el porcentaje de participación de cada uno de los servicios prestados por la compañía, sobre el total de las ventas registradas en el año 2014, tal y como se muestra en el Gráfico 13.

Gráfico 13. Análisis de mercado realizado a la Empresa Inmogas Ltda.



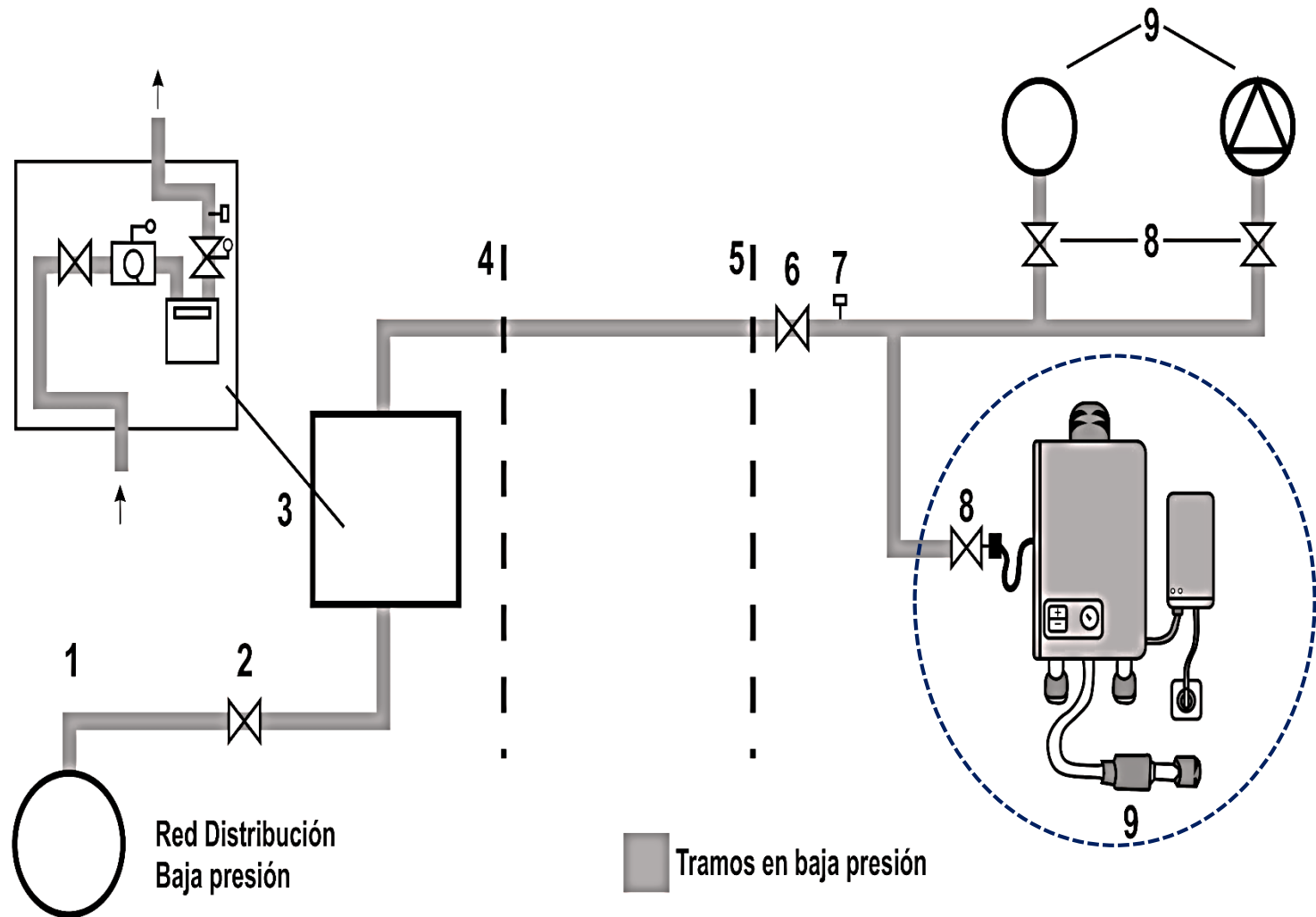
Fuente: Los Autores, 2015

Dentro de los servicios prestados por la empresa, la instalación de calentadores es la que representa la mayor cantidad de ventas, ocupando el 61,92% sobre el total de las ventas de la compañía.

3.2.2 Procedimiento de Instalación de Calentadores.

De acuerdo con la información obtenida, se realizó el análisis del procedimiento para la *Instalación de Calentadores* en la empresa Inmogas Ltda., describiendo cada una de las actividades realizadas, y determinando los materiales que son requeridos para su ejecución.

Gráfico 14. Procedimiento Instalación de Calentadores.



Fuente: Los Autores, 2015.

En el Gráfico 14. se ilustra el procedimiento definido para la Instalación de calentadores, donde se identifican las siguientes actividades:

1. Revisión previa de la ubicación de la acometida.
2. Verificación del estado de la llave de la acometida.
3. Verificación de la presión del contador. El armario contador debe contener: Llave abonada, limitador de caudal, contador y válvula de seguridad. Los materiales involucrados en esta fase se presentan en la Tabla 9.

Tabla 9. Materiales requeridos actividad 3 – instalación de calentadores de agua.

Referencia	Cantidad de unidades utilizadas por instalación.
Válvula gas hembra por hembra	2
Válvula $\frac{3}{4}$ gas	2
Hembra $\frac{3}{4}$ bronce	1
Macho en bronce	1
Copa reborde $\frac{1}{2}$ en	1
Cheque vertical en	1
Cheque cortina	2
Hembra $\frac{1}{2}$ bronce	2
Codo mixto	1
Record reborde $\frac{1}{2}$ en	1
Hembra cobre $\frac{1}{2}$	2
Hembra $\frac{3}{4}$ cobre	1

Fuente: Los autores, 2015.

4. Limitación de espacio que se tiene con la propiedad.
5. Limitación de espacio que se tiene con la propiedad.
6. Adecuación de la llave de ingreso de gas de la vivienda. En la Tabla 10. se presentan los materiales utilizados en esta etapa.

Tabla 10. Materiales requeridos actividad 6 – instalación de calentadores de agua.

Referencia	Cantidad de unidades utilizadas por instalación
Tuerca plana	3
Abrazadera metálica $\frac{1}{2}$	1
Tubo silicona	1
Tubería cobre $\frac{3}{4}$	2
Tubería $\frac{1}{2}$ polietileno	1

Referencia	Cantidad de unidades utilizadas por instalación
Tubería conduflex	1
Interruptores	1
Macho pe al pe de ½	1
Hembra pe al pe de ½	1
Válvula de agua pe al pe	1
Válvula gas hembra por macho	2

Fuente: Los autores, 2015.

7. Toma de presión del gas en la vivienda de acuerdo con el reglamento que suministra la empresa de Gas Natural.
8. Instalación del calentador de acuerdo con las especificaciones estándar del lugar. En la Tabla 11. se muestran los materiales involucrados en este proceso.

Tabla 11. Materiales requeridos actividad 8 – instalación de calentadores de agua.

Referencia	Cantidad de unidades utilizadas por instalación
Calentador Therm 6000 F	1
Codo tf nt	4
Buching 1 ¾	1
M26	1

Fuente: Los autores, 2015.

9. Instalación del sistema de ventilación. En este proceso se utiliza el material definido en la Tabla 12.

Tabla 12. Materiales requeridos actividad 9 – instalación de calentadores de agua.

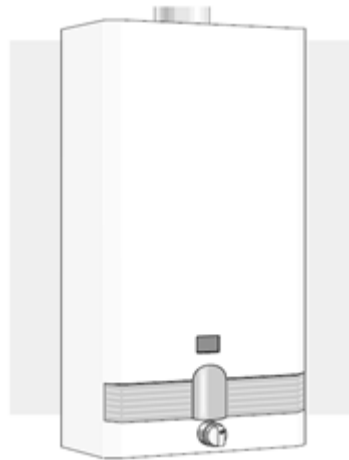
Referencia	Cantidad de unidades utilizadas por instalación
Gorro chino	1

Fuente: Los autores, 2015.

De acuerdo con el procedimiento anteriormente descrito, se observa la relación entre la prestación del **servicio de instalación** y los **calentadores de agua**, tratándose de una demanda dependiente; razón por la cual para la empresa es fundamental contar con un sistema de planeación de inventarios sólida, que le permita una adecuada gestión de compra de este tipo de gasodomésticos, y de esta manera generar una respuesta oportuna a las solicitudes que reciba.

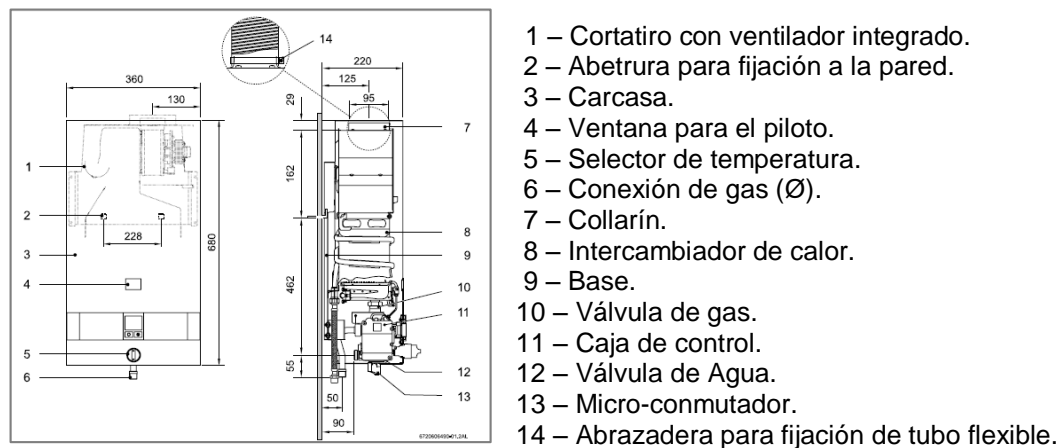
Por lo tanto, en la presente investigación, se enfocará el desarrollo del modelo a la planeación y gestión de inventarios de los calentadores de agua utilizados por la compañía, referencia BOSCH Therm 6000, el cual puede observarse en los Gráficos 15 y 16.

Gráfico 15. Referencia seleccionada: calentador de agua BOSCH Therm 6000.



Fuente: www.bosch.com.co

Gráfico 16. Partes y Dimensiones de la Referencia seleccionada.



Fuente: www.bosch.com.co

3.2.3 Datos históricos de la demanda.

Se realizó un análisis de los datos históricos correspondientes a la venta de calentadores de los cuatro años inmediatamente anteriores, los cuales se presentan en la Tabla 13.

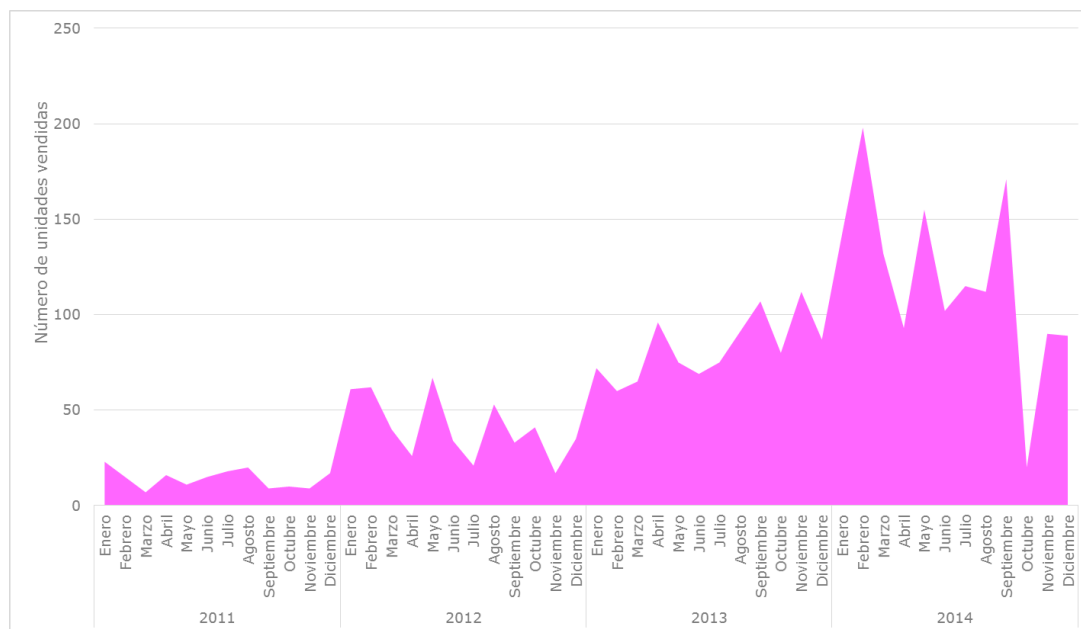
Tabla 13. Venta de Calentadores de los años 2011 a 2014.

Año	Mes	Unidades Vendidas	Año	Mes	Unidades Vendidas
2011	Enero	23	2013	Enero	72
2011	Febrero	15	2013	Febrero	60
2011	Marzo	7	2013	Marzo	65
2011	Abril	16	2013	Abril	96
2011	Mayo	11	2013	Mayo	75
2011	Junio	15	2013	Junio	69
2011	Julio	18	2013	Julio	75
2011	Agosto	20	2013	Agosto	91
2011	Septiembre	9	2013	Septiembre	107
2011	Octubre	10	2013	Octubre	80
2011	Noviembre	9	2013	Noviembre	112
2011	Diciembre	17	2013	Diciembre	87
2012	Enero	61	2014	Enero	143
2012	Febrero	62	2014	Febrero	198
2012	Marzo	40	2014	Marzo	132
2012	Abril	26	2014	Abril	93
2012	Mayo	67	2014	Mayo	155
2012	Junio	34	2014	Junio	102
2012	Julio	21	2014	Julio	115
2012	Agosto	53	2014	Agosto	112
2012	Septiembre	33	2014	Septiembre	171
2012	Octubre	41	2014	Octubre	20
2012	Noviembre	17	2014	Noviembre	90
2012	Diciembre	35	2014	Diciembre	89

Fuente: Los Autores, 2015. Basados en información proporcionada por Inmogas Ltda.

Conforme a la información recolectada, ilustra el comportamiento que ha tenido el mercado en los años 2011, 2012, 2013 y 2014, tal y como se presenta en el gráfico 17.

Gráfico 17. Comportamiento del mercado de instalación y venta de calentadores



Fuente: Los Autores, 2015

3.2.4 Costos asociados a los inventarios.

Con base en la información suministrada por la empresa se realiza una estimación de costos asociados a la gestión de inventarios, de acuerdo con el gerente financiero de la empresa, se utilizó la metodología de costeo por absorción⁷².

- **Costo de Mantener Inventario:** De acuerdo a la información suministrada por la compañía, se calcula un costo de mantenimiento de inventario del 13,81% del precio de compra del producto. En la Tabla 14. se detalla el análisis realizado.

Tabla 14. Costo de mantenimiento de Inventario.

		Total (\$)	% Inventario	% Ventas
Ventas Anuales (Enero a Diciembre de 2014)		\$ 1.083.341.450,12		
Inventario Promedio (al 31 de Diciembre de 2014)		\$ 690.000.000,00		
Costos de Capital	Gastos Financieros (15%)	\$ 103.500.000,00		
	Costos Capital Humano	\$ 9.600.000,00		
Costos de Servicio	Seguros	\$ 1.293.750,00		
	Arriendos	\$ 16.800.000,00		
Costo de Almacenamiento	Servicios Públicos	\$ 6.765.470,00		
	Otros Gastos Variables	\$ 1.593.900,00		
Costos de Riesgos	Productos Obsoletos	\$ 10.074.000,00		
Total Costo de Mantener (\$)		\$ 149.627.120,00	21,69%	13,81%

Fuente: Inmogas Ltda., 2015.

⁷² Información obtenida en entrevista personal con el gerente.

- **Costo de Ordenar:** En la Tabla 15. se calcula el costo de lanzar una orden, de acuerdo con los gastos de mano de obra del área de compras, gastos de funcionamiento como líneas telefónicas, líneas de internet, etc. Y otros gastos administrativos como papelería, muebles, etc.

Tabla 15. Costo de Lanzar una Orden.

COSTO DE ORDENAR	
Mano de Obra	\$ 25.000
Gastos de Funcionamiento	\$ 10.000
Otros Gastos Administrativos	\$ 15.000
Total Costo de Ordenar (\$)	\$ 50.000

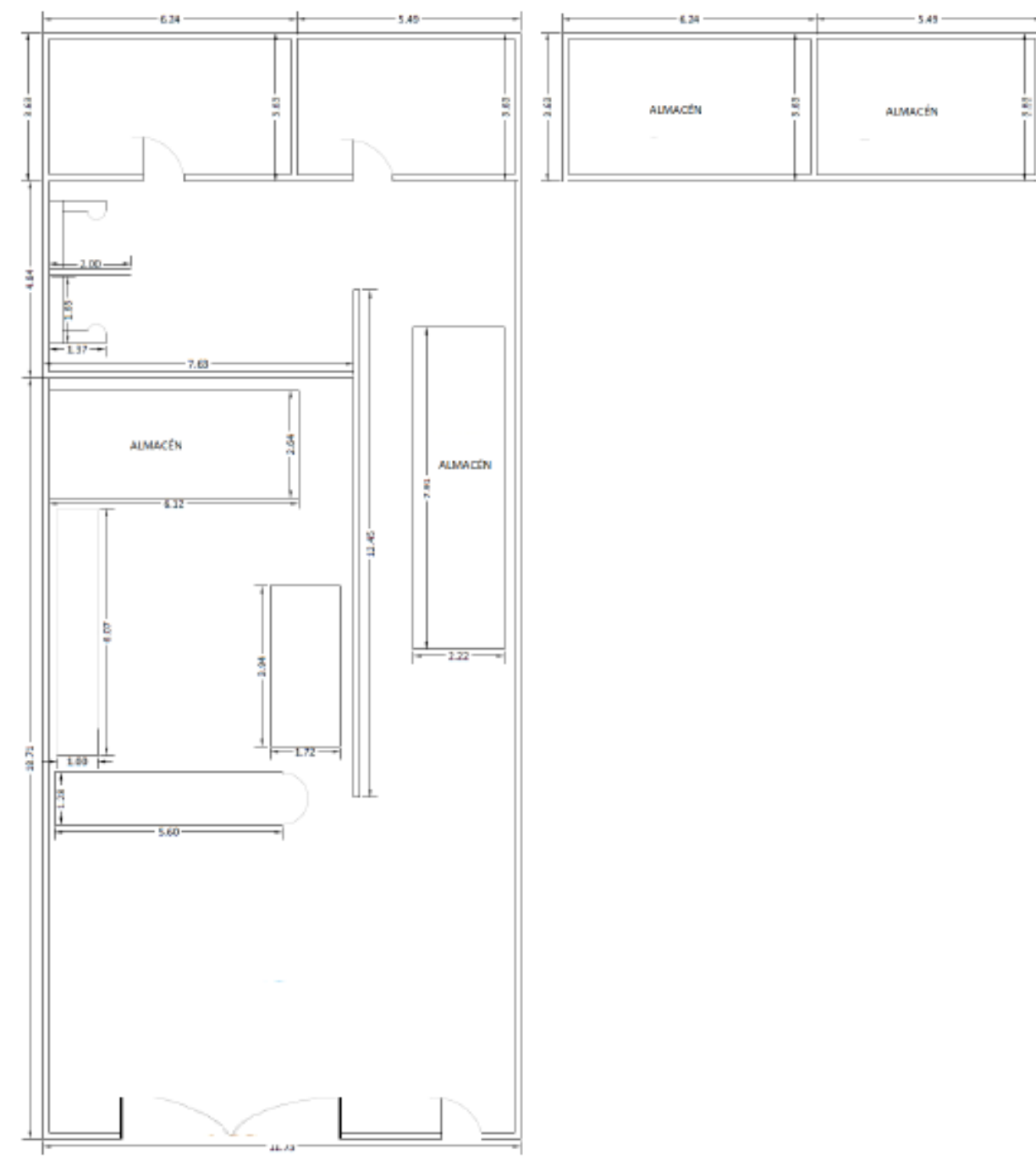
Fuente: Inmogas Ltda., 2015.

- **Costo de Penalización:** Es el costo correspondiente a la penalización impuesta por la empresa Gas Natural Fenosa, cuando no se cumple con el compromiso adquirido con el cliente, el cual actualmente corresponde al 8% del valor facturado por la venta del calentador.

3.2.5 Representación Gráfica de la Bodega.

Actualmente, la empresa cuenta con una única sede ubicada en la 43 sur No 86 – 70, y es ahí es donde se almacenan todos los materiales requeridos para la prestación de servicios. En la Figura 12. se presenta el esquema de la planta, y los lugares destinados para almacenamiento de material, denotados como Almacén.

Figura 12. Esquema de la Empresa Inmogas Ltda.



Fuente: Los Autores, 2015.

3.2.6 Condiciones de almacenamiento.

Todos los materiales se encuentran en una bodega sin tener en cuenta ninguna especificación, la ubicación de los elementos se realiza por orden de llegada ignorando aspectos de rotación. En la estantería, se almacenan los elementos de menor tamaño sin tener en cuenta referencias ni el uso de cada uno de ellos. En la vitrina se tiene el material de ferretería como tornillos, tuerca, codos, etc. Los insumos de mayor valor como los calentadores, estufas y demás gasodomésticos se encuentran ubicados en un lugar aislado de la bodega si ningún tipo de protección, como puede observarse en el Gráfico 18.

Gráfico 18. Condiciones de Almacenamiento.



Fuente: Los autores, 2015.

3.2.7 Política de inventarios.

- **Personal:** Actualmente no existe personal encargado del mantenimiento del inventario. Las decisiones de entradas y salidas, las toma la asistente administrativa, o los técnicos y auxiliares de la operación propiamente.

- **Pedidos:** Las órdenes las realiza el gerente general, basado en percepciones de la demanda e inspecciones ocasionales en la bodega.
- **Despacho de Material:** La salida o entrada del material no es controlada por ninguna persona. Los técnicos toman los insumos que consideran necesarios de acuerdo a los servicios que deben prestar, ya que los procedimientos no están estandarizados; por lo que así como una persona puede gastarse 1 m de tubo para la instalación de un gasodoméstico, otra diferente puede requerir 3 m, sin que esto tenga un control detallado por parte de la empresa.
- **Stock de Seguridad:** No se tiene definida una cantidad óptima para mantener en inventario, por eso, si hay incrementos fuertes de la demanda, la empresa no está en capacidad de cubrirlos inmediatamente, incurriendo en sobre costos que se derivan del incumplimiento a los clientes.
- **Proveedores:** Se manejan dos grandes proveedores, el de los calentadores y el de los demás elementos necesarios para la instalación. Los calentadores son importados, el proveedor es ROBERT BOSCH LTDA. Los demás insumos son comprados a la Ferretería Larrota S.A.S., siempre y cuando sean planeados con anterioridad, en caso contrario, la empresa recurre a ferreterías aledañas para cubrir su demanda, generando así altos costos de pedido y fuertes cambios en el valor del artículo. Los tiempos de suministro pactados son de 3 días en el caso de los calentadores y 1 día en lo referente a los demás elementos.

4. ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL MERCADO.

Se realizaron pruebas estadísticas a los datos históricos de la demanda, buscando la definición de una distribución de probabilidad ajustada al comportamiento que ha tenido el mercado de venta de calentadores en los últimos años para la empresa Inmogas Ltda.

4.1 PRUEBAS DE BONDAD DE AJUSTE.

Se realizaron las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Anderson-Darling a los datos de la demanda mensual presentada entre enero del 2011 y diciembre del 2014, usando el software Stat: Fit ®.

Para el análisis se consideraron las distribuciones: normal, lognormal, uniforme y exponencial, y se realizó con un nivel de confianza del 95%. Los datos calculados se encuentran en la Tabla 16.

Tabla 16. Pruebas de Bondad de Ajuste.

Distribución	Kolmogorov-Smirnov			Anderson-Darling		
	Ks Stat	Ks Stat emp.	Resultado	Ad Stat	Ad Stat emp.	Resultado
Normal	0.127	0.192	No rechazado	1.100	2.49	No rechazado
Lognormal	0.160	0.192	No rechazado	1.140	2.49	No rechazado
Uniforme	0.330	0.192	Rechazado	12.90	2.49	Rechazado
Exponencial	0.147	0.192	No rechazado	0.183	2.49	No rechazado

Fuente: Los autores, 2015.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se rechaza la distribución uniforme, y no puede afirmarse que los datos no se comporten de acuerdo a las distribuciones normal, lognormal y exponencial.

Sin embargo, considerando la tendencia que gráficamente puede observarse en los datos presentados, no se tendrá en cuenta ninguna de las distribuciones de probabilidad analizadas, considerando que estas, tienen parámetros estables y no dinámicos, por lo que se considera la evaluación del comportamiento de los datos a través de un pronóstico.

4.2 PRONÓSTICO DE LA DEMANDA.

Se analizaron tres tipos de pronósticos a los datos recolectados de la demanda de los calentadores de agua, con el fin de escoger el que más se ajuste al modelo: Suavización exponencial simple, suavización exponencial doble y promedio móvil.

4.2.1 Promedio Móvil.

Se aplicó el modelo de pronóstico de promedio móvil de acuerdo a la fórmula $F_t = \frac{\sum_{t=1}^n X_{t-1}}{n}$ ⁷³, con n=2, el análisis realizado se observa en la Tabla 17.

Tabla 17. Modelo de Pronostico Promedio Móvil, n=2.

t	Xt	Ft	e	e /Xt	e^2
1	23				
2	15				
3	7	19,0	12	171%	144
4	16	11,0	5	31%	25
5	11	11,5	1	5%	0,25
6	15	13,5	2	10%	2,25
7	18	13,0	5	28%	25
8	20	16,5	4	18%	12,25
9	9	19,0	10	111%	100
10	10	14,5	5	45%	20,25
11	9	9,5	1	6%	0,25
12	17	9,5	8	44%	56,25
13	61	13,0	48	79%	2304
14	62	39,0	23	37%	529
15	40	61,5	22	54%	462,25
16	26	51,0	25	96%	625
17	67	33,0	34	51%	1156
18	34	46,5	13	37%	156,25
19	21	50,5	30	140%	870,25
20	53	27,5	26	48%	650,25
21	33	37,0	4	12%	16
22	41	43,0	2	5%	4
23	17	37,0	20	118%	400
24	35	29,0	6	17%	36
25	72	26,0	46	64%	2116
26	60	53,5	7	11%	42,25
27	65	66,0	1	2%	1

⁷³ KRAJEWSKI, Lee J. RITZMAN, Larry P. Administración de operaciones: estrategia y análisis. Pearson Educación, 2000. 892 pp. ISBN: 9684444117.

t	Xt	Ft	e	e /Xt	e^2
28	96	62,5	34	35%	1122,25
29	75	80,5	6	7%	30,25
30	69	85,5	17	24%	272,25
31	75	72,0	3	4%	9
32	91	72,0	19	21%	361
33	107	83,0	24	22%	576
34	80	99,0	19	24%	361
35	112	93,5	19	17%	342,25
36	87	96,0	9	10%	81
37	143	99,5	44	30%	1892,25
38	198	115,0	83	42%	6889
39	132	170,5	39	29%	1482,25
40	93	165,0	72	77%	5184
41	155	112,5	43	27%	1806,25
42	102	124,0	22	22%	484
43	115	128,5	14	12%	182,25
44	112	108,5	4	3%	12,25
45	171	113,5	58	34%	3306,25
46	20	141,5	122	608%	14762,25
47	90	95,5	6	6%	30,25
48	89	55,0	34	38%	1156
49		89,5			

Fuente: Los autores, 2015.

De acuerdo a los datos analizados, conforme al modelo de promedio móvil, la demanda esperada es para el periodo 49 es de 90 unidades, con una desviación media absoluta de 23 unidades.

Los indicadores de desempeño del modelo de promedio móvil obtenidos fueron:

- **Desviación media absoluta (MAD)⁷⁴:** 22,59
- **Error cuadrado medio (MSE):** 1089,03
- **Error porcentual absoluto medio (MAPE):** 50,66%

4.2.2 Suavización Exponencial Simple:

Se realizó el análisis de suavización exponencial simple, a partir de la fórmula $F_t = F_{t-1} + (\alpha * (X_t - F_{t-1}))$ ⁷⁵, con un $\alpha = 0,33$, obtenido a partir de la corrida

⁷⁴ Ver Marco Teórico: 2.7.9. Medidas de error de un pronóstico.

⁷⁵ KRAJEWSKI, Lee J. RITZMAN, Larry P. Administración de operaciones: estrategia y análisis. Pearson Educación, 2000. 892 pp. ISBN: 9684444117.

optima encontrada a partir del software WinQSB ®. En la Tabla 18. se presenta el análisis realizado:

Tabla 18. Modelo de Pronostico Suavización Exponencial Simple.

T	$\alpha=$	0,33000			
	Xt	Ft	e	e / Xt	e^2
1	23	23,00			
2	15	23,00	8,00	53,33%	64,00
3	7	20,36	13,36	190,86%	178,49
4	16	15,95	0,05	0,31%	0,00
5	11	15,97	4,97	45,16%	24,67
6	15	14,33	0,67	4,48%	0,45
7	18	14,55	3,45	19,17%	11,90
8	20	15,69	4,31	21,56%	18,59
9	9	17,11	8,11	90,12%	65,79
10	10	14,43	4,43	44,35%	19,66
11	9	12,97	3,97	44,12%	15,77
12	17	11,66	5,34	31,41%	28,51
13	61	13,42	47,58	78,00%	2263,61
14	62	29,12	32,88	53,03%	1080,89
15	40	39,97	0,03	0,07%	0,00
16	26	39,98	13,98	53,78%	195,48
17	67	35,37	31,63	47,21%	1000,60
18	34	45,81	11,81	34,72%	139,39
19	21	41,91	20,91	99,57%	437,24
20	53	35,01	17,99	33,94%	323,64
21	33	40,95	7,95	24,08%	63,15
22	41	38,32	2,68	6,53%	7,16
23	17	39,21	22,21	130,63%	493,16
24	35	31,88	3,12	8,92%	9,74
25	72	32,91	39,09	54,29%	1528,12
26	60	45,81	14,19	23,65%	201,39
27	65	50,49	14,51	22,32%	210,48
28	96	55,28	40,72	42,42%	1658,15
29	75	68,72	6,28	8,38%	39,47
30	69	70,79	1,79	2,60%	3,21
31	75	70,20	4,80	6,40%	23,04
32	91	71,78	19,22	21,12%	369,26
33	107	78,13	28,87	26,99%	833,76
34	80	87,65	7,65	9,57%	58,58
35	112	85,13	26,87	23,99%	722,10
36	87	94,00	7,00	8,04%	48,94

T	$\alpha=$	0,33000			
	Xt	Ft	e	e / Xt	e^2
37	143	91,69	51,31	35,88%	2633,00
38	198	108,62	89,38	45,14%	7988,71
39	132	138,12	6,12	4,63%	37,40
40	93	136,10	43,10	46,34%	1857,40
41	155	121,88	33,12	21,37%	1097,24
42	102	132,81	30,81	30,20%	949,04
43	115	122,64	7,64	6,64%	58,37
44	112	120,12	8,12	7,25%	65,92
45	171	117,44	53,56	31,32%	2868,70
46	20	135,11	115,11	575,57%	13251,38
47	90	97,13	7,13	7,92%	50,79
48	89	94,77	5,77	6,49%	33,35
49		92,87			

Fuente: Los autores, 2015.

De acuerdo a los datos analizados, conforme al modelo de suavización exponencial simple, la demanda esperada para el periodo 49 es de 93 unidades, con una desviación media absoluta de 21 unidades.

Los indicadores de desempeño del modelo de suavización exponencial simple obtenidos fueron:

- **Desviación media absoluta (MAD):** 20,54
- **Error cuadrado medio (MSE):** 950,79
- **Error porcentual absoluto medio (MAPE):** 47,20%

4.2.3 Suavización Exponencial doble.

Finalmente, se realiza el análisis del modelo de suavización exponencial doble, de acuerdo a la fórmula $Ft = X't + Tt^{76}$, con un $\beta=0.01$ y un $\alpha=0.5$, los cuales se obtuvieron a partir de la corrida optima encontrada a través del software WinQSB®. En la Tabla 19. se detallan los cálculos realizados.

Tabla 19. Modelo de Pronóstico Suavización Exponencial Doble.

t	b=	0,01	X't	Tt	e	e /Xt	e^2
	a=	0,5					
	Xt	Ft					
1	23						

⁷⁶ KRAJEWSKI, Lee J. RITZMAN, Larry P. Administración de operaciones: estrategia y análisis. Pearson Educación, 2000. 892 pp. ISBN: 9684444117.

t	b=	0,01	X't	Tt	e	e /Xt	e^2
	a=	0,5					
	Xt	Ft					
2	15	11,615	11,500	0,115	3,385	22,57%	11,458
3	7	13,439	13,308	0,132	6,439	91,99%	41,466
4	16	10,319	10,220	0,100	5,681	35,50%	32,269
5	11	13,288	13,160	0,128	2,288	20,80%	5,234
6	15	12,261	12,144	0,117	2,739	18,26%	7,504
7	18	13,761	13,630	0,130	4,239	23,55%	17,972
8	20	16,032	15,880	0,152	3,968	19,84%	15,746
9	9	18,187	18,016	0,171	9,187	102,08%	84,408
10	10	13,719	13,594	0,125	3,719	37,19%	13,832
11	9	11,966	11,860	0,107	2,966	32,96%	8,800
12	17	10,575	10,483	0,092	6,425	37,79%	41,277
13	61	13,912	13,788	0,124	47,088	77,19%	2217,295
14	62	37,816	37,456	0,360	24,184	39,01%	584,888
15	40	50,388	49,908	0,481	10,388	25,97%	107,917
16	26	45,623	45,194	0,429	19,623	75,47%	385,053
17	67	36,142	35,811	0,330	30,858	46,06%	952,224
18	34	52,056	51,571	0,485	18,056	53,11%	326,009
19	21	43,422	43,028	0,395	22,422	106,77%	502,762
20	53	32,494	32,211	0,282	20,506	38,69%	420,514
21	33	43,132	42,747	0,385	10,132	30,70%	102,652
22	41	38,400	38,066	0,334	2,600	6,34%	6,759
23	17	40,047	39,700	0,347	23,047	135,57%	531,179
24	35	28,756	28,524	0,232	6,244	17,84%	38,991
25	72	32,141	31,878	0,263	39,859	55,36%	1588,732
26	60	52,533	52,071	0,463	7,467	12,44%	55,755
27	65	56,766	56,267	0,500	8,234	12,67%	67,792
28	96	61,424	60,883	0,541	34,576	36,02%	1195,482
29	75	79,426	78,712	0,714	4,426	5,90%	19,590
30	69	77,905	77,213	0,692	8,905	12,91%	79,296
31	75	74,100	73,452	0,647	0,900	1,20%	0,811
32	91	75,202	74,550	0,652	15,798	17,36%	249,589
33	107	83,832	83,101	0,731	23,168	21,65%	536,776
34	80	96,262	95,416	0,847	16,262	20,33%	264,465
35	112	88,896	88,131	0,765	23,104	20,63%	533,772
36	87	101,329	100,448	0,881	14,329	16,47%	205,322
37	143	94,974	94,165	0,809	48,026	33,58%	2306,526
38	198	120,036	118,987	1,049	77,964	39,38%	6078,363
39	132	160,457	159,018	1,439	28,457	21,56%	809,812
40	93	147,525	146,229	1,297	54,525	58,63%	2973,022
41	155	121,287	120,263	1,024	33,713	21,75%	1136,572

t	b=	0,01	X't	Tt	e	e /Xt	e^2
	a=	0,5					
	Xt	Ft					
42	102	139,336	138,143	1,193	37,336	36,60%	1393,994
43	115	121,674	120,668	1,006	6,674	5,80%	44,545
44	112	119,310	118,337	0,973	7,310	6,53%	53,433
45	171	116,591	115,655	0,936	54,409	31,82%	2960,331
46	20	145,004	143,796	1,208	125,004	625,02%	15625,938
47	90	83,085	82,502	0,583	6,915	7,68%	47,816
48	89	87,160	86,543	0,618	1,840	2,07%	3,384
49		88,707	88,080	0,627			

Fuente: Los autores, 2015.

De acuerdo a los datos analizados, conforme al modelo de suavización exponencial simple, la demanda esperada para el periodo 49 es de 89 unidades, con una desviación media absoluta de 20 unidades.

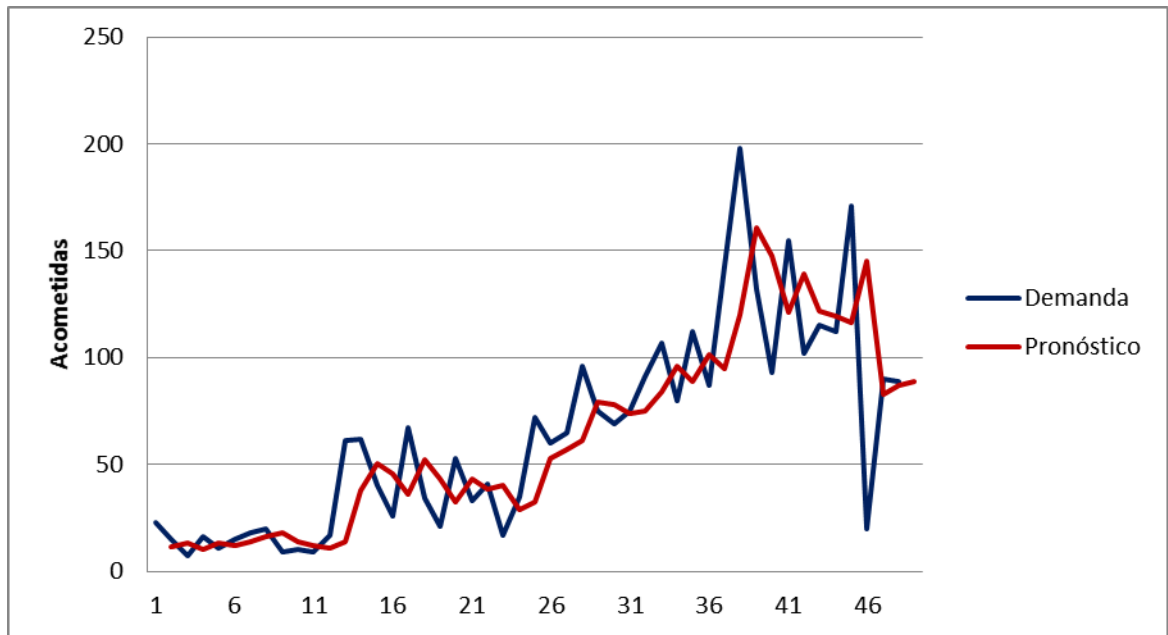
Los indicadores de desempeño del modelo de suavización exponencial doble obtenidos fueron:

- **Desviación media absoluta (MAD):** 19,82
- **Error cuadrado medio (MSE):** 915,53
- **Error porcentual absoluto medio (MAPE):** 46,47%

4.2.4 Modelo de pronóstico elegido.

Una vez considerados los indicadores de desempeño de los modelos analizados, se define que el de mejor ajuste a los datos de la demanda es el de suavización exponencial doble, ya que es el que menor desviación media absoluta presenta (19,82), generando en el sistema menor incertidumbre. En el Gráfico 19. se muestra el comportamiento de los datos reales de la demanda vs los arrojados por el análisis de suavización exponencial doble.

Gráfico 19. Pronóstico de la Demanda.



Fuente: Los autores, 2015.

5. DESARROLLO DEL SISTEMA DE PLANEACIÓN DE INVENTARIOS.

5.1 PLANTEAMIENTO DEL MODELO TEÓRICO.⁷⁷

Para el desarrollo y análisis del sistema de planeación de inventarios, se partió de un modelo teórico que permitió el análisis de las diferentes variables y la posterior definición de políticas, el cual está fundamentado en la expresión:

$$f(I_t) \begin{cases} D_t > I_t; \\ D_t \leq I_t; \end{cases} \quad \begin{aligned} F_t &= D_t - (Q_t + SS), I_t = 0 \\ F_t &= 0, I_t = I_{t-1} + (Q_t + SS) - D_t \end{aligned}$$

Donde:

I_t Es el nivel de inventario en el periodo t

I_{t-1} Es el remante de inventario del periodo anterior a t

Q_t Es el pedido para el periodo t

SS Es el stock de seguridad

F_t Es el faltante en el periodo t y

D_t Es la demanda esperada del periodo t.

De acuerdo con la formula anterior, la estructura de costos del modelo, estará dada por la ecuación:

$$CT = \left(\left(\frac{Q_t + SS}{2} - \frac{Q_t + SS}{2} \right) * h * NS \right) + \left(S * \frac{D_t + SS}{Q_t + SS} \right) + (D_t - (Q_t + SS)) * (Cf * (1 - NS) + (C_c * (Q_t + SS))).$$

Siendo:

CT Igual al costo total

C_c Igual al costo de compra del producto

Q_t Igual al pedido para el periodo t

h Igual al costo unitario de mantenimiento de inventario

S Igual al costo de realizar un pedido

$\frac{D_t}{Q_t}$ Igual al número de pedidos realizados en el periodo t

SS Igual al stock de seguridad

D_t Es la demanda esperada del periodo t

Cf Igual al costo de faltante y

NS Igual al nivel de servicio.

⁷⁷ (Basado en el esquema general de un sistema MRP). COMPANYYS, Ramón. FONOLLOSA, Joan B. Nuevas técnicas de gestión de stocks: MRP y JIT. Volumen 22. Marcombo. 1989. ISBN 8426707297. 149 pp.

En el modelo, el stock de seguridad es una función del nivel de servicio, así a mayor stock de seguridad, mayor nivel de servicio se tendrá en el sistema. El Nivel de Servicio se calcula con base en la probabilidad acumulada dentro de una curva normal.

Finalmente, el stock de seguridad del sistema se calculará de acuerdo con la ecuación:

$$SS = Z_{NS} * \sigma$$

Siendo Z_{NS} el valor estadístico de la curva normal de frecuencias, de acuerdo al nivel de servicio deseado.

5.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA.

Se realizó un modelo de dinámica de sistemas que se aproxima al comportamiento inicial del sistema, de manera que se puedan establecer políticas de planeación de inventarios que mejoren la operación de Inmogas Ltda, facilitando la toma de decisiones y evaluando el impacto que tienen las variables del sistema a partir del planteamiento de escenarios.

La decisión de compra en la organización está atada exclusivamente al nivel de utilidades que se generen, por lo cual, la cantidad a pedir depende del porcentaje de inversión definido en un 10% del total de utilidades en un periodo de tiempo. El incumplimiento en las entregas, genera una penalización, la cual no es una variable influyente para la toma de decisiones, simplemente está siendo calculada.

El nivel de servicio está siendo medido como los pedidos recibidos sobre los pedidos entregados en un determinado momento de tiempo, por lo tanto no están siendo considerados los pedidos atrasados. Cuando una orden no se cumple o se cumple en un tiempo diferente, el nivel de servicio se ve directamente afectado.

Las entregas en el sistema, dependen de la demanda y de la cantidad de inventario disponible. La demanda está siendo asumida con los datos reales recolectados en 48 meses. Los costos de mantener (un) y de ordenar permanecen constantes en el sistema. El costo por penalización se refiere solo al costo financiero que genera para la empresa tener que pagar una multa por incumplimiento y no se están asumiendo costos de oportunidad referentes a pérdidas de mercado o imagen.

Los ingresos al sistema llegan con una demora de un mes, correspondiente al tiempo que se genera entre la ejecución del servicio y el pago del cliente.

Por otro lado, el Lead Time se considera variable, con una distribución de probabilidad uniforme entre tres y cinco días, de acuerdo al comportamiento observado del proveedor. Los datos históricos de tiempos de entrega evaluados y

el análisis estadístico realizado para definir el comportamiento se encuentran en el Anexo 2.

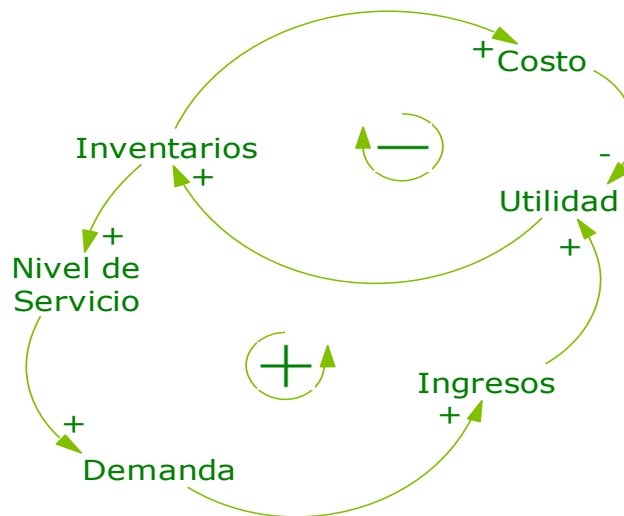
5.3 HIPÓTESIS DINÁMICA.

Con el fin de entender la dinámica del sistema propuesto, se plantean seis variables principales que cambian en el tiempo:

- Variables endógenas: Inventario, costos totales, Utilidad, Nivel de Servicio e Ingresos.
- Variables exógenas: Demanda.

En el gráfico 20. se representa la relación existente entre ellas y los bucles de retroalimentación existentes en el sistema.

Gráfico 20. Hipótesis Dinámica del Sistema



Fuente: Los autores, 2015. Software Vensim PLE ®.

De la hipótesis dinámica, se derivan las principales relaciones causales consideradas para el modelamiento:

- **A mayor nivel de inventarios mayor nivel de servicio:** Durante la investigación de la operación de la compañía, se observó cómo entre más unidades se tenían en almacenamiento, mayor capacidad de respuesta se tenía ante las solicitudes presentadas, incrementando así el nivel de servicio los índices de satisfacción al cliente.
- **A mayor nivel de servicio mayor demanda:** En el mercado en el cual se mueve Inmogas, el incremento en el nivel de servicio, se ve directamente reflejado en una mayor demanda, ya que siendo contratista, tanto para Gas Natural Fenosa,

como para empresas administradoras de inmuebles, entre más solicitudes responda de manera eficiente y efectiva, más solicitudes serán generadas.

- **A mayor demanda mayores ingresos:** La llegada de clientes nuevos para la empresa o la fidelización de los ya conseguidos, se traduce en más entradas de capital, toda vez que a mayores licitaciones y contratos recibidos, mayor flujo de caja en la compañía.
- **A mayor nivel de inventario mayores costos:** El mantenimiento de inventario en la compañía genera costos por conceptos de almacenamiento, personal, riesgos de deterioro, servicios públicos, etc., que afectan los costos totales de la operación.
- **A mayores utilidades mayor nivel de inventario:** La empresa depende de su capacidad financiera para la compra y mantenimiento de su material, por lo que destina un porcentaje de las utilidades para este fin, así pues, cuando la empresa genera más ganancias, mayores inventarios se podrán tener en almacenamiento.

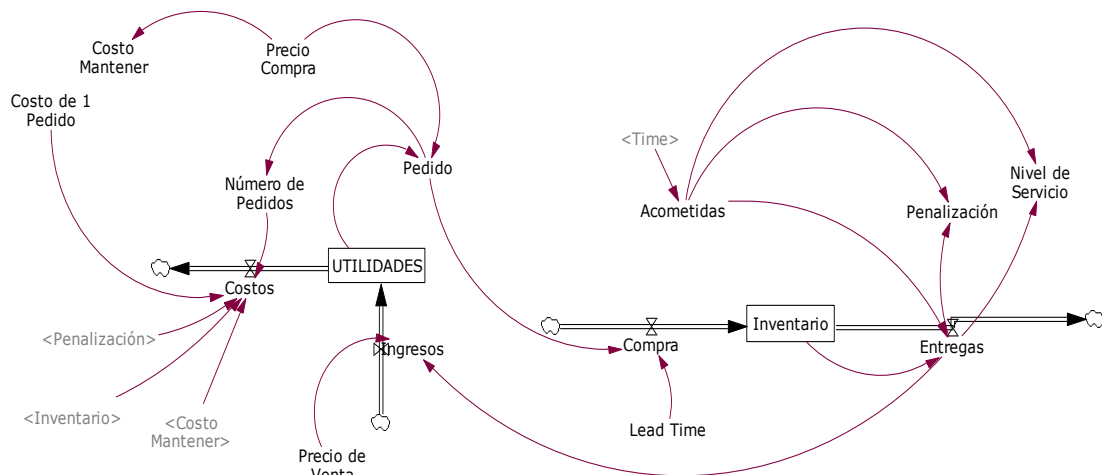
5.4 MODELAMIENTO DEL SISTEMA.

Conforme a la hipótesis dinámica planteada, se modela el sistema conservando las relaciones causales observadas en la operación de la compañía, las cuales se confirman al realizar la simulación:

- A mayor nivel de inventarios mayor nivel de servicio.
- A mayor nivel de servicio mayor demanda.
- A mayor nivel de inventario mayores costos.
- A mayores utilidades mayor nivel de inventario.

En la Figura 13. se observa el Diagrama de Forrester planteado para representar el sistema actual, donde se relacionaron las variables influyentes y se establecieron conexiones causales, basadas en el sistema real y su funcionamiento.

Figura 13. Modelamiento del Sistema.



Fuente: Los Autores 2015. Software Vensim PLE ®.

Para el sistema propuesto se tienen en cuenta dos variables de nivel: Utilidades e Inventario, las cuales se definieron y formularon de la siguiente manera:

- **Inventario (I_t):** La diferencia en el tiempo de las compras de material realizadas y las entregas destinadas a la prestación del servicio. Al iniciar la investigación se consideró un inventario inicial de 30 unidades.

Expresión matemática:

$$I_t = I_0 + \int_0^t f(\text{compra}) - f(\text{entregas}) dt.$$

$$I_0 = 30 \text{ unidades.}$$

Expresión computacional:

$$\text{Inventario} = \text{INTEG} (\text{Compra} - \text{Entregas}, 30).$$

- **Utilidades (U_t):** La diferencia en el tiempo del dinero recibido por la prestación del servicio y los costos asociados a los inventarios. Al iniciar la investigación se estimaron unas utilidades \$1.500.000.

Expresión matemática:

$$U_t = U_0 + \int_0^t f(\text{ingresos}) - f(\text{costos}) dt.$$

$$U_0 = \$ 1.500.000.$$

Expresión computacional:

$$\text{Utilidades} = \text{INTEG} (\text{Ingresos} - \text{Costos}, 1.500.000).$$

De la misma manera, se consideraron cuatro variables de flujo: Compra, Entregas, Costos e Ingresos:

- **Compra:** Corresponde a las entregas de material que hace el proveedor por periodo de tiempo, las cuales entran al sistema con una demora generada por el Lead Time.

Expresión matemática:

$$f(Compra_t) = Pedido_{t-lead\ time}$$

Expresión computacional:

$$Compra = DELAY\ FIXED(Pedido, Lead\ Time, 1).$$

- **Entregas:** Se refiere a las solicitudes atendidas con éxito en el periodo de tiempo correspondiente, puede asemejarse al término *ventas*, las cuales dependen directamente de si se tiene o no material disponible para despachar.

Expresión matemática:

$$f(entregas_t) \begin{cases} (I_t - D_t) \geq 0; & f(entregas_t) = D_t \\ (I_t - D_t) < 0; & f(entregas_t) = I_t \end{cases}$$

Expresión computacional:

$$Entregas = IF\ THEN\ ELSE\ ((MIN(Inventario, Acometidas)) \geq 0, (MIN(Inventario, Acometidas)), Inventario).$$

- **Costos(C):** Es el cálculo del costo total generado por la gestión de inventarios, considerando costos de penalización por incumplimiento, *asumido como el costo financiero de oportunidad*, el costo de mantener inventario y el costo de pedir, en determinado periodo de tiempo.

Expresión matemática:

$$f(costos_t) = penalización_t + (Cp * numero\ pedidos_t) + (I_t * h).$$

$$Cp = Costo\ de\ hacer\ un\ pedido.$$

$$h = Costo\ unitario\ de\ mantener\ inventario.$$

Expresión computacional:

$$Costos = Penalización + (Costo\ de\ 1\ pedido * Número\ de\ Pedidos) + (Inventario * Costo\ de\ Mantener).$$

- **Ingresos:** Cantidad de dinero que se recibe por el total de ventas realizadas en un periodo de tiempo, las cuales entran al sistema un periodo después de la entrega, considerando que la empresa maneja modelo de pago a 30 días con sus clientes.

Expresión matemática:

$$f(\text{ingresos}_t) = (\text{entregas}_{t-1} * \text{precio de venta}).$$

Expresión computacional:

$$\text{Ingresos} = \text{DELAY FIXED} ((\text{Entregas} * \text{Precio de Venta}), 1, 0).$$

Finalmente, se plantearon diez variables auxiliares y/o parámetros del sistema:

- **Costo de 1 Pedido (cp):** Es el valor del costo que se causa al lanzar una orden al proveedor, calculado con base en el capital necesario y demás gastos administrativos que se generan.

Expresión matemática:

$$Cp = \$50.000.$$

Expresión computacional:

$$\text{Costo de 1 Pedido} = 50.000.$$

- **Costo Mantener (h):** Es el porcentaje que se aduce sobre el valor del producto cuando se almacena en la empresa.

Expresión matemática:

$$h = pc * 13,8\%.$$

Expresión computacional:

$$\text{Costo Mantener} = \text{Precio Compra} * 0.138.$$

- **Precio Compra (pc):** Es el precio de lista del producto ofertado por el proveedor.

Expresión matemática:

$$Pc = \$700.000.$$

Expresión computacional:

$$\text{Precio Compra} = 700.000.$$

- **Pedido (Pt):** Es la cantidad de producto que se decide comprar. En este caso depende de las utilidades que hayan en ese momento y del porcentaje de inversión de las mismas.

Expresión matemática:

$$P_t \begin{cases} \left(\frac{U_t * 10\%}{pc} \right) \geq 0; & P_t = \left(\frac{U_t * 10\%}{pc} \right) \\ \left(\frac{U_t * 10\%}{pc} \right) < 0; & P_t = 0 \end{cases}$$

Expresión computacional:

*Pedido = IF THEN ELSE (((UTILIDADES * 0.1) / Precio Compra) > 0), ((UTILIDADES * 0.1) / Precio Compra), 0).*

- **Número de Pedidos (n):** Se consideró como la cantidad de veces que debe ser lanzada una orden al proveedor para recibir en lotes de 30 unidades el material que se necesita por periodo.

Expresión matemática:

$$n = \frac{p_t}{30}$$

Expresión computacional:

Número de pedidos = Pedido/30.

- **Precio de Venta:** Se refiere al capital que se recibe por la comercialización del producto en la ejecución del servicio.

Expresión matemática:

pv = \$1.000.000.

Expresión computacional:

Precio de Venta = 1.000.000.

- **Acometidas (D_t):** Cantidad de solicitudes para la prestación del servicio recibidas por periodo de tiempo, se refiere a la demanda de la empresa.

Expresión matemática:

D_t = WITH LOOKUP (Time, [(0,0) -(48,200)], (1,23), (2,15), (3,7), (4,16), (5,11), (6,15), (7,18), (8,20), (9,9), (10,10), (11,9), (12,17), (13,61), (14,62), (15,40), (16,26), (17,67), (18,34), (19,21), (20,53), (21,33), (22,41), (23,17), (24,35), (25,72), (26,60), (27,65), (28,96), (29,75), (30,69), (31,75), (32,91), (33,107), (34,80), (35,112), (36,87), (37,143), (38,198), (39,132), (40,93), (41,155), (42,102), (43,115), (44,112), (45,171), (46,20), (47,90), (48,89)).

Expresión computacional:

Acometidas= WITH LOOKUP (Time, [(0,0) -(48,200)], (1,23), (2,15), (3,7), (4,16), (5,11), (6,15), (7,18), (8,20), (9,9), (10,10), (11,9), (12,17), (13,61), (14,62), (15,40), (16,26), (17,67), (18,34), (19,21), (20,53), (21,33), (22,41), (23,17),

(24,35), (25,72), (26,60), (27,65), (28,96), (29,75), (30,69), (31,75), (32,91), (33,107), (34,80), (35,112), (36,87), (37,143), (38,198), (39,132), (40,93), (41,155), (42,102), (43,115), (44,112), (45,171), (46,20), (47,90), (48,89)).

- **Penalización:** Es el costo que se genera cuando hay incumplimientos en las entregas, derivado de una multa del 8% del precio de venta del producto, cobrada por Gas Natural Fenosa.

Expresión matemática:

$$Penalización_t \begin{cases} (D_t - entregas_t) \leq 0; & Penalización_t = 0 \\ (D_t - entregas_t) > 0; & Penalización_t = (D_t - entregas_t) * \$80.000 \end{cases}$$

Expresión computacional:

*Penalización= IF THEN ELSE ((Acometidas-Entregas) <=0, 0, (Acometidas-Entregas) * 80.000).*

- **Nivel de Servicio (NS):** Porcentaje de cumplimiento a los clientes, comprendiéndose como la a cantidad de servicios realizados sobre la cantidad de solicitudes recibidas.

Expresión matemática:

$$NS_t = \frac{Entregas_t}{D_t}$$

Expresión computacional:

Nivel de Servicio = Entregas/Acometidas.

- **Lead Time:** Tiempo transcurrido entre lanzar una orden y recibir el pedido del proveedor. Se consideró bajo un comportamiento uniforme, correspondiente al análisis de los históricos revisados.

Expresión matemática:

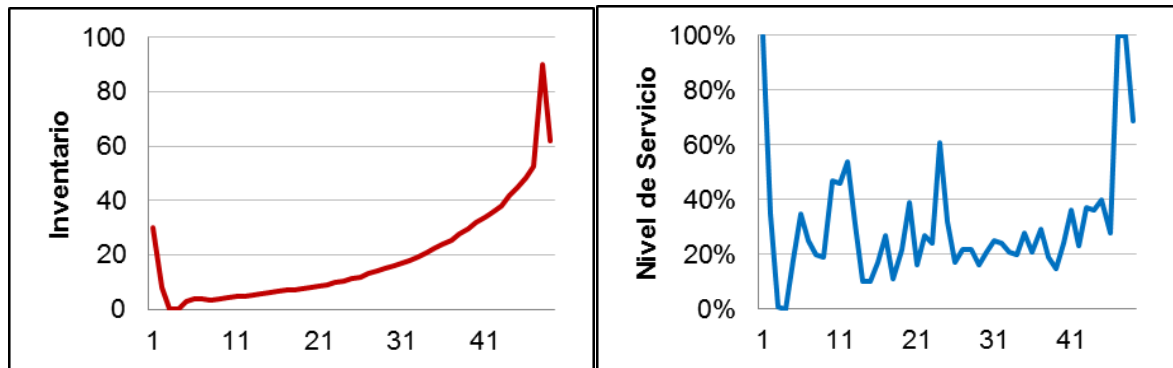
Lead Time = U(0.1, 0.2).

Expresión computacional:

Lead Time= RANDOM UNIFORM (0.1, 0.2, 1).

Se realizó la simulación durante 48 periodos de tiempo, correspondientes a los datos existentes de la demanda, y se analizó el comportamiento de las variables Nivel de Servicio e Inventarios, los cuales se observan en el gráfico 22.

Gráfico 21. Comportamiento del Sistema.



Fuente: Los Autores 2015. Software Vensim PLE ®.

En los Anexos 3 y 4 se encuentran los diagramas Causal y Forrester desarrollados en Vensim PLE ® para la simulación.

Los valores promedio de las variables Inventario, Nivel de Servicio, Utilidades y Costos Totales Fueron:

- **Inventario:** 19 unidades
- **Demanda:** 63 unidades
- **Entregas:** 22 unidades
- **Nivel de Servicio:** 31.09%
- **Costos Totales:** \$ 5,222,613.59
- **Utilidades:** \$142,007,964.08

5.5 VALIDACIÓN ESTADÍSTICA DEL MODELO PROPUESTO.

5.5.1 Prueba de Wilcoxon.

Buscando demostrar que el sistema planteado se comporta conforme a la realidad de la empresa, se realizó una prueba de Wilcoxon a los datos de los niveles de inventario real, registrados en el periodo transcurrido desde enero del 2011 a diciembre 2014, y los datos obtenidos tras la simulación.

La elección de la prueba estadística se basó en que no se puede afirmar la normalidad de los datos presentados y el Test de Wilcoxon es utilizado para datos con comportamiento continuo, sin presuponer ninguna distribución específica, buscando demostrar que los dos grupos responden al mismo comportamiento continuo, a través de la comparación de su mediana, determinando si existen o no diferencias estadísticas entre ellas.

Las hipótesis planteadas para el análisis de la prueba, fueron:

Ho = El inventario real es estadísticamente igual al inventario simulado
Ir = Is

Ha = El inventario real no es estadísticamente igual al inventario simulado
Ir ≠ Is

Se calcula el estadístico de rangos de Wilcoxon con base en la información presentada en la Tabla 20. resultando igual a $T = \text{MÍN} (T+, T-) = 391,5$.

Tabla 20. Prueba de Wilcoxon.

Valor T	Suma de Rangos Asignados
Rango Negativo (T-)	391.5
Rango Positivo (T +)	784.5

Fuente: Los autores, 2015.

Ya que se trata de una muestra poblacional mayor a 25 datos, se calcula el estadístico Z, de acuerdo con la fórmula $Z = \frac{T - \frac{n(n+1)}{4}}{\sqrt{\frac{n(n+1)(2n+1)}{24}}} = -1,89$.⁷⁸

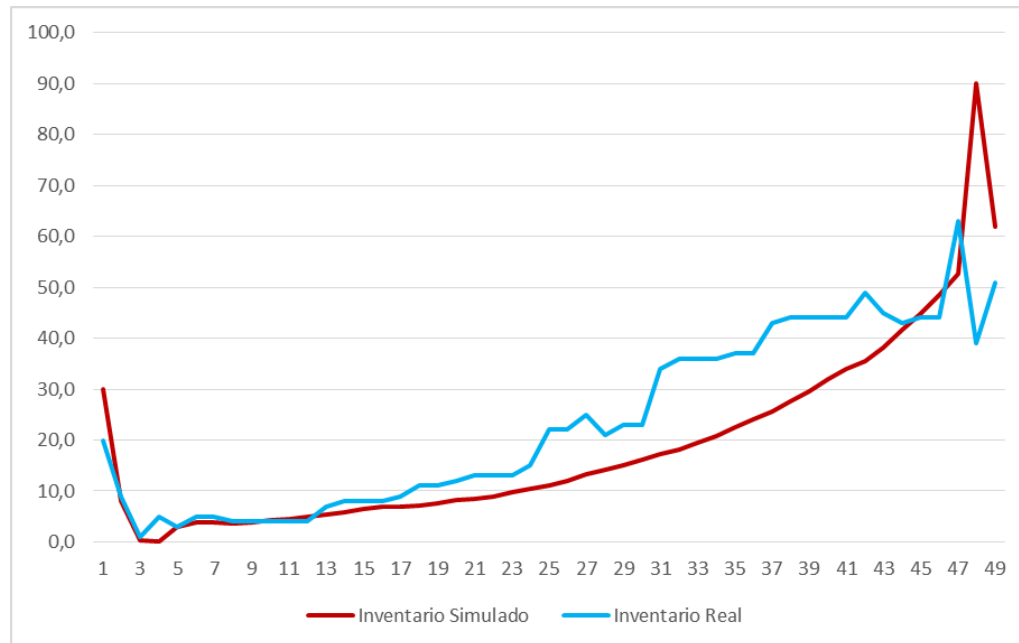
A un nivel de confianza del 95% $Z\alpha=1.96$. Se Acepta la hipótesis nula (Ho), ya que $Z < Z\alpha$, por lo que puede afirmarse que los datos reales del sistema son estadísticamente iguales a los datos obtenidos a partir de la simulación realizada.

5.5.2 Análisis de las Medidas de Desempeño.

Además de la prueba estadística realizada, se presentan los gráficos comparativos entre las medidas del desempeño definidas en el sistema (Utilidades e Inventario), contrastando el histórico de los datos presentados por la empresa y los arrojados por el modelo propuesto. El análisis realizado se observa en los Gráficos 23. y 24.

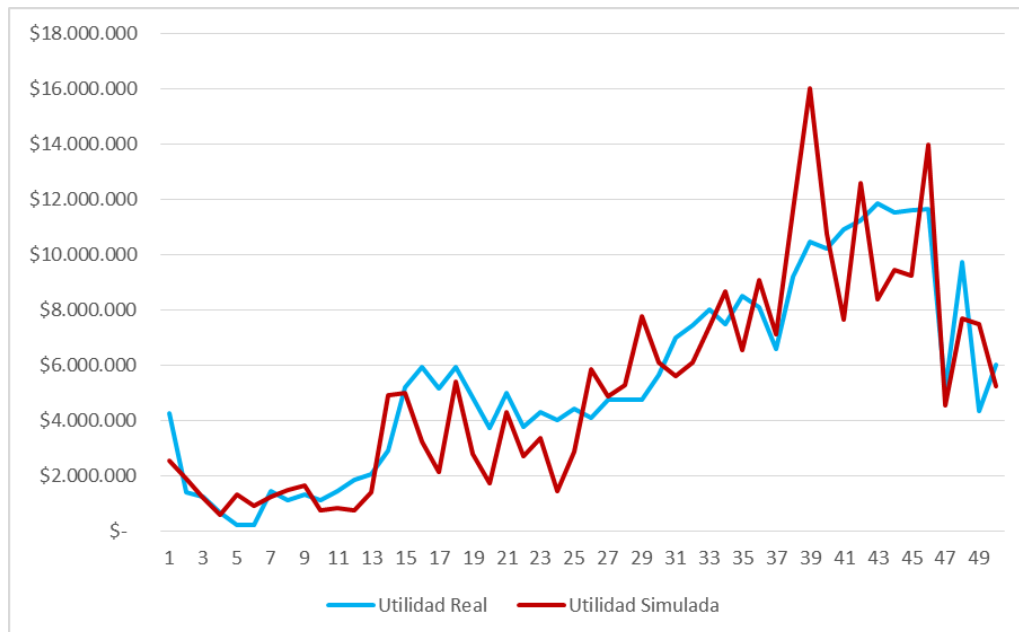
⁷⁸DEVORE, J. L. Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Ciencias. (Probability And Statistics For Engineering And Sciences). Cengage Learning Editores. 2008

Gráfico 22. Comparación Nivel de Inventarios en el Sistema.



Fuente: Los autores, 2015.

Gráfico 23. Comparación Utilidades del Sistema.



Fuente: Los autores, 2015.

De acuerdo a los gráficos analizados de los datos de las medidas de desempeño observados, y a los arrojados por la simulación, se puede afirmar que tienen

comportamientos similares, por lo tanto el modelo propuesto se ajusta a la realidad de la operación.

5.6 IMPLEMENTACIÓN DE POLÍTICAS.

Se planteó un modelo de revisión continua, simulando diferentes escenarios. El diagrama propuesto se observa en la Figura 14.

Se implementan políticas enfocadas a cuándo, cuánto y cada cuánto pedir:

- **Cuándo pedir:** En el modelo, cada vez que se recibe una solicitud, se revisa el nivel de inventario existente, y si este es menor a la cantidad requerida, se realizará un pedido.
- **Cuánto pedir:** La cantidad a pedir se estima a partir de la consideración de tres variables: El comportamiento del mercado, el stock de seguridad y el nivel de inventario existente en un periodo determinado. Así, el inventario requerido será igual a la cantidad de entregas esperadas de acuerdo al comportamiento del mercado, calculado a partir de un pronóstico, más el stock de seguridad deseado, que dependerá del nivel de servicio esperado. Si el inventario requerido es menor al inventario existente, no se pedirán existencias. Si es mayor, se pedirá la diferencia entre los dos. Finalmente, la cantidad a pedir se analiza teniendo en cuenta el dinero disponible para la compra, validando que se tenga el flujo necesario para realizar el pedido.
- **Cada cuánto pedir:** No existe una frecuencia determinada para realizar un pedido, esta dependerá del comportamiento del mercado y los niveles de stock establecidos.

Los diagramas Causal y Forrester propuestos en Vensim PLE ® se encuentran en los Anexos 5. y 6. respectivamente. Para esta simulación, se incluyeron nuevas variables para la toma de decisiones en el sistema y se reformularon algunas de las planteadas inicialmente:

- **Acometidas (D_t):** Cantidad de solicitudes para la prestación del servicio recibidas por periodo de tiempo, se refiere a la demanda de la empresa.

Expresión matemática:

$D_t = WITH\ LOOKUP (Time, [(0,0) -(48,200)], (1,23), (2,15), (3,7), (4,16), (5,11), (6,15), (7,18), (8,20), (9,9), (10,10), (11,9), (12,17), (13,61), (14,62), (15,40), (16,26), (17,67), (18,34), (19,21), (20,53), (21,33), (22,41), (23,17), (24,35), (25,72), (26,60), (27,65), (28,96), (29,75), (30,69), (31,75), (32,91), (33,107),$

(34,80), (35,112), (36,87), (37,143), (38,198), (39,132), (40,93), (41,155), (42,102), (43,115), (44,112), (45,171), (46,20), (47,90), (48,89)).

Expresión computacional:

Acometidas= WITH LOOKUP (Time, [(0,0) -(48,200)], (1,23), (2,15), (3,7), (4,16), (5,11), (6,15), (7,18), (8,20), (9,9), (10,10), (11,9), (12,17), (13,61), (14,62), (15,40), (16,26), (17,67), (18,34), (19,21), (20,53), (21,33), (22,41), (23,17), (24,35), (25,72), (26,60), (27,65), (28,96), (29,75), (30,69), (31,75), (32,91), (33,107), (34,80), (35,112), (36,87), (37,143), (38,198), (39,132), (40,93), (41,155), (42,102), (43,115), (44,112), (45,171), (46,20), (47,90), (48,89))).

- **Compra:** Corresponde a las entregas de material que hace el proveedor por periodo de tiempo, las cuales entran al sistema con una demora generada por el Lead Time.

Expresión matemática:

$f(Compra_t) = Pedido_{t-lead\ time}$

Expresión computacional:

Compra = DELAY FIXED (Pedido, Lead Time, 1).

- **Costo de 1 Pedido:** Es el valor del costo que se causa al lanzar una orden al proveedor, calculado con base en el capital necesario y demás gastos administrativos que se generan.

Expresión matemática:

$C_p = \$50.000.$

Expresión computacional:

Costo de 1 Pedido = 50.000.

- **Costo Mantener:** Es el porcentaje que se aduce sobre el valor del producto cuando se almacena en la empresa.

Expresión matemática:

$h = pc * 13,8\%.$

Expresión computacional:

*Costo Mantener = Precio Compra * 0.138.*

- **Costos:** Es el cálculo del costo total generado por la gestión de inventarios, considerando costos de penalización por incumplimiento, *asumido como el costo financiero de oportunidad*, el costo de mantener inventario y el costo de pedir, en determinado periodo de tiempo.

Expresión matemática:

$$f(costos_t) = penalización_t + (Cp * numero pedidos_t) + (I_t * h).$$

Cp = Costo de hacer un pedido.

h = Costo unitario de mantener inventario.

Expresión computacional:

$$Costos = Penalización + (Costo de 1 pedido * Número de Pedidos) + (Inventario * Costo de Mantener).$$

- **Entregas:** Se refiere a las solicitudes atendidas con éxito en el periodo de tiempo correspondiente, puede asemejarse al término *ventas*, las cuales dependen directamente de si se tiene o no material disponible para despachar.

Expresión matemática:

$$f(entregas_t) \begin{cases} (I_t - D_t) \geq 0; & f(entregas_t) = D_t \\ (I_t - D_t) < 0; & f(entregas_t) = I_t \end{cases}$$

Expresión computacional:

$$Entregas = IF THEN ELSE(Acometidas \leq Inventario, Acometidas, Inventario).$$

- **Ingresos:** Cantidad de dinero que se recibe por el total de ventas realizadas en un periodo de tiempo, las cuales entran al sistema un periodo después de la entrega, considerando que la empresa maneja modelo de pago a 30 días con sus clientes.

Expresión matemática:

$$f(ingresos_t) = (entregas_{t-1} * precio de venta).$$

Expresión computacional:

$$Ingresos = DELAY FIXED ((Entregas * Precio de Venta), 1, 0).$$

- **Inventario:** La diferencia en el tiempo de las compras de material realizadas y las entregas destinadas a la prestación del servicio. Al iniciar la investigación se consideró un inventario inicial de 30 unidades.

Expresión matemática:

$$I_t = I_0 + \int_0^t f(compra) - f(entregas) dt.$$

$$I_0 = 30 \text{ unidades.}$$

Expresión computacional:

$$Inventario = INTEG (Compra - Entregas, 30).$$

- **Inventario Deseado (Id_t):** Es la política de reacción que tiene el sistema, así cuando en un periodo determinado se generar incumplimientos, toma un valor mayor, asumiendo el valor del pronóstico realizado más un stock de seguridad.

Expresión matemática:

$$Id_t \begin{cases} (Penalización_t \leq 0; & Id_t = Pd_t \\ (Penalización_t) > 0; & Id_t = Pd_t + SS \end{cases}$$

$$SS = Pd_t * 30\%$$

Expresión computacional:

*Inventario Deseado= DELAY FIXED ((IF THEN ELSE (Penalización>0, Pronóstico de Demanda*1.3, Pronóstico de Demanda)), Lead Time, 1).*

- **Inventario Requerido (Ir_t):** Es la diferencia entre el inventario deseado y el nivel de inventario de un periodo de tiempo. Si esta es menor o igual a cero, no se requiere inventario, por lo que la variable será igual a cero.

Expresión matemática:

$$Ir_t \begin{cases} (Id_t - I_t) \leq 0; & Ir_t = 0 \\ (Id_t - I_t) > 0; & Ir_t = Id_t - I_t \end{cases}$$

Expresión computacional:

Inventario Requerido= IF THEN ELSE ((Inventario Deseado-Inventario) <=0, 0, (Inventario Deseado -Inventario)).

- **Lead Time:** Tiempo transcurrido entre lanzar una orden y recibir el pedido del proveedor. Se consideró bajo un comportamiento uniforme, correspondiente al análisis de los históricos revisados.

Expresión matemática:

$$Lead Time = U(0.1, 0.2).$$

Expresión computacional:

Lead Time= RANDOM UNIFORM (0.1, 0.2, 1).

- **Nivel de Servicio:** Porcentaje de cumplimiento a los clientes, comprendiéndose como la a cantidad de servicios realizados sobre la cantidad de solicitudes recibidas.

Expresión matemática:

$$NS_t = \frac{Entregas_t}{D_t}$$

Expresión computacional:

Nivel de Servicio = Entregas/Acometidas.

- **Número de Pedidos (n):** Se consideró como la cantidad de veces que debe ser lanzada una orden al proveedor para recibir en lotes *óptimos* el material que se necesita por periodo.

Expresión matemática:

$$n = \frac{Pedido_t}{Q_t}$$

Expresión computacional:

Número de Pedidos= IF THEN ELSE ((Pedido/Q opt) <=0,0, (Pedido/Q opt)).

- **Pedido (P_t):** Es la cantidad de producto que se decide comprar. En este caso depende de las utilidades que hayan en ese momento y del porcentaje de inversión de las mismas, además de considerarse el inventario que se necesita.

Expresión matemática:

$$P_t \begin{cases} MIN \left(Ir_t, \left(\frac{U_t * 10\%}{pc} \right) \right) > 0; & P_t = MIN \left(Ir_t, \left(\frac{U_t * 10\%}{pc} \right) \right) \\ MIN \left(Ir_t, \left(\frac{U_t * 10\%}{pc} \right) \right) \leq 0; & P_t = 0 \end{cases}$$

Expresión computacional:

*Pedido= IF THEN ELSE ((MIN (Inventario Requerido, ((UTILIDADES*0.9)/Precio Compra))) <=0,0, (MIN (Inventario Requerido, ((UTILIDADES*0.4)/Precio Compra)))).*

- **Penalización:** Es el costo que se genera cuando hay incumplimientos en las entregas, derivado de una multa del 8% del precio de venta del producto, cobrada por Gas Natural Fenosa.

Expresión matemática:

$$Penalización_t \begin{cases} (D_t - entregas_t) \leq 0; & Penalización_t = 0 \\ (D_t - entregas_t) > 0; & Penalización_t = (D_t - entregas_t) * \$80.000 \end{cases}$$

Expresión computacional:

*Penalización= IF THEN ELSE ((Acometidas-Entregas) <=0, 0, (Acometidas-Entregas) * 80.000).*

- **Precio Compra:** Es el precio de lista del producto ofertado por el proveedor.

Expresión matemática:

$$P_c = \$700.000.$$

Expresión computacional:

$$\text{Precio Compra} = 700.000.$$

- **Precio de Venta:** Se refiere al capital que se recibe por la comercialización del producto en la ejecución del servicio.

Expresión matemática:

$$PV = \$1.000.000.$$

Expresión computacional:

$$\text{Precio de Venta} = 1.000.000.$$

- **Pronóstico de Demanda (Pd_t):** Se calcula a través de una suavización exponencial doble, es la variable que genera información correspondiente al comportamiento del mercado para la toma de decisiones y una planeación acertada.

Expresión matemática:

$$Pd_t = X^t + Tt$$

Expresión computacional:

$$\text{Pronóstico de Demanda} = \text{SMOOTH3}(\text{Acometidas}, 4)$$

- **Q_{opt}** = Es el cálculo de la cantidad óptima a pedir de acuerdo a un modelo EOQ.

Expresión matemática:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DA}{h}}$$

Expresión computacional:

$$Q_{opt} = (((2 * \text{Acometidas}) * \text{Costo de 1 Pedido}) / \text{Costo Mantener}) ^{0.5}$$

- **UTILIDADES:** La diferencia en el tiempo del dinero recibido por la prestación del servicio y los costos asociados a los inventarios. Al iniciar la investigación se estimaron unas utilidades \$1.500.000.

Expresión matemática:

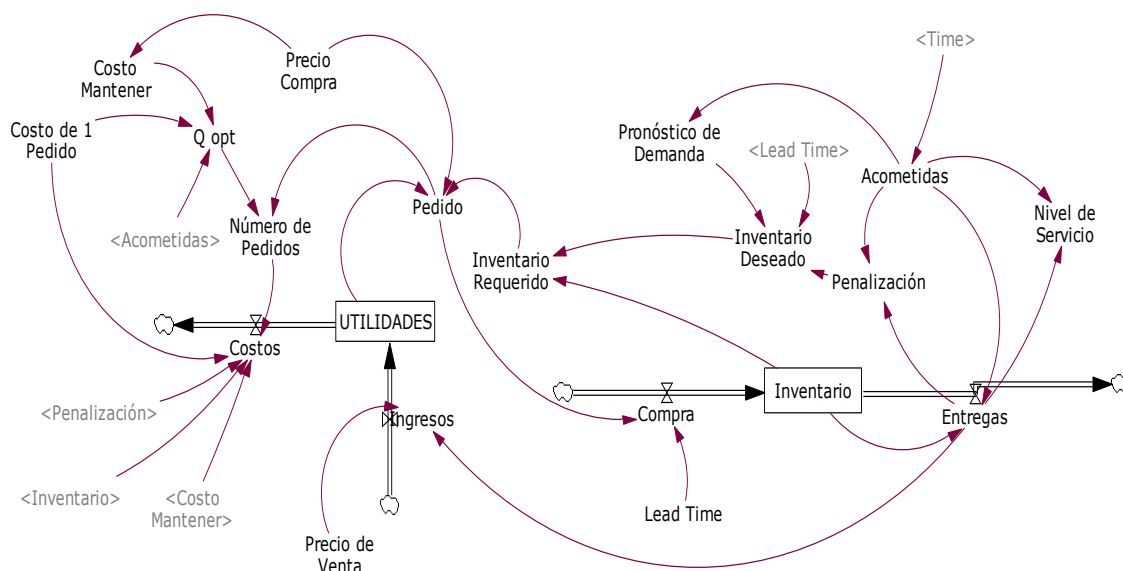
$$U_t = U_0 + \int_0^t f(\text{ingresos}) - f(\text{costos}) dt.$$

$$U_0 = \$ 1.500.000.$$

Expresión computacional:

$Utilidades = INTEG (Ingresos - Costos, 1.500.000).$

Figura 14. Modelo de Revisión Continua.



Fuente: Los Autores 2015. Software Vensim PLE ®.

La simulación se corrió por un periodo de 48 meses, tomando los datos históricos de la demanda en esos periodos. Se evalúan las variables de Nivel de Servicio, Nivel de Inventarios y Costos para contrastar su comportamiento en los diferentes escenarios planteados.

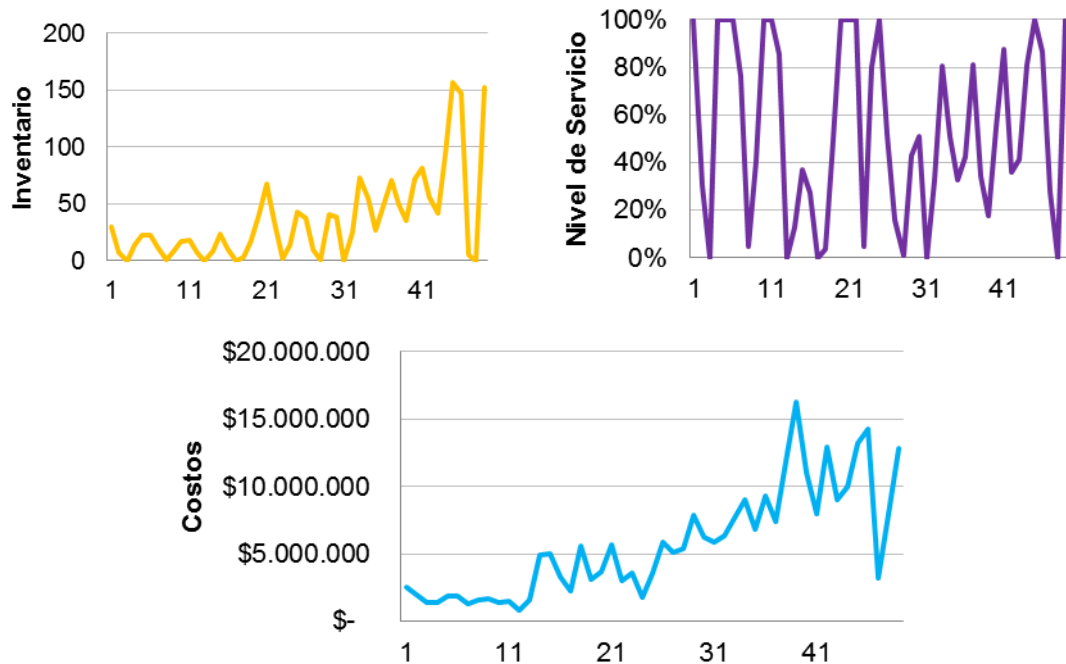
5.6.1 Primer Escenario.

En el primer escenario, la decisión de compra se toma a partir del cálculo de un pronóstico de la demanda, supuesto con una suavización exponencial doble, siendo este el método que más se ajustó a los datos de la demanda real.

El análisis de cuánto pedir se realiza observando las variables *Inventario* e *Inventario Deseado*, así si $Inventario \geq Inventario\ deseado$, el $Inventario\ requerido = 0$, y si $Inventario < Inventario\ deseado$, el inventario requerido será igual a $Inventario\ deseado - Inventario$.

Esta política responde a un *modelo reactivo*, en donde si hay incumplimientos, la variable *Inventario Deseado* asume el valor del pronóstico del periodo correspondiente más el stock de seguridad calculado (39 unidades). El comportamiento de las variables a analizar se observa en el Gráfico 24.

Gráfico 24. Comportamiento del Sistema en el Escenario 1.



Fuente: Los Autores 2015. Software Vensim PLE ®.

Los valores promedio de las variables Nivel de Servicio, Inventario, Utilidades y Costos Totales fueron:

- **Nivel de Servicio:** 53,13%.
- **Demanda:** 63 unidades
- **Entregas:** 30 unidades
- **Inventario:** 36 unidades.
- **Utilidades:** \$362,839,748.98
- **Costos Totales:** \$ 5.728.598,63.

5.6.2 Segundo Escenario.

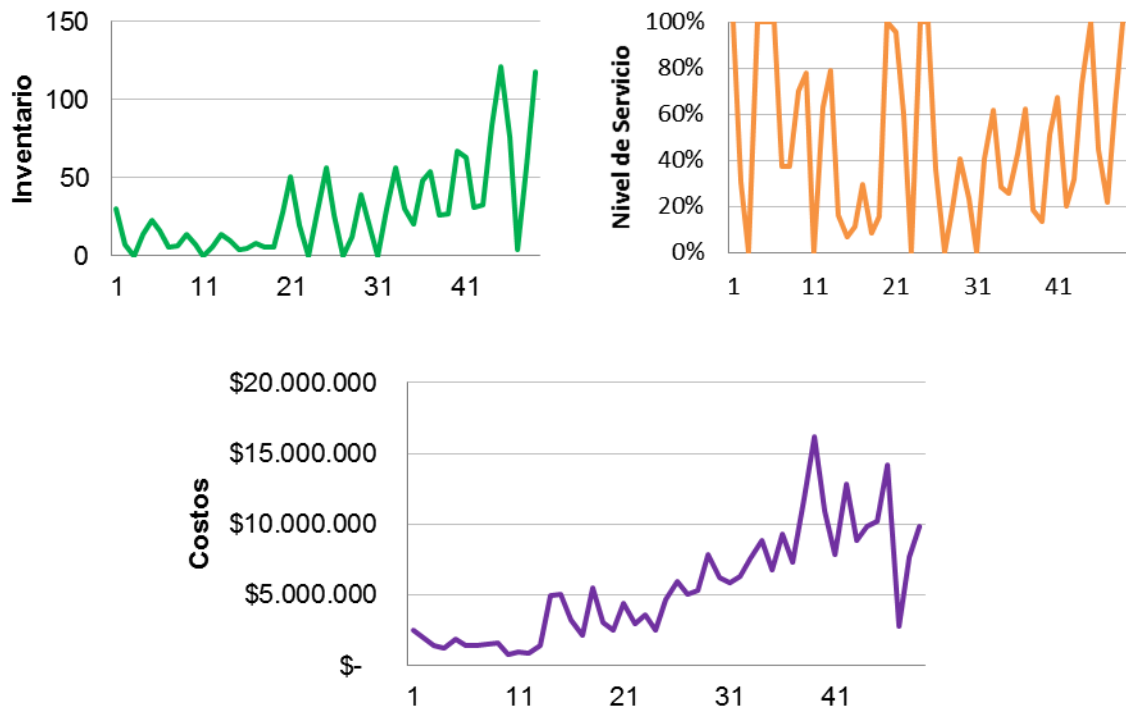
Como segundo escenario, se asumió que la variable *Inventario Deseado* era igual al *pronóstico* del periodo correspondiente, equivalente a un stock de seguridad igual a cero:

Inventario deseado= *DELAY FIXED* (*Pronóstico de Demanda*, *Lead Time*, 1)

Los resultados obtenidos se muestran en el Gráfico 25. Los valores promedio de las variables analizadas fueron:

- **Nivel de Servicio:** 47,43%.
- **Demanda:** 27 unidades
- **Entregas:** 30 unidades
- **Inventario:** 29 unidades.
- **Costos Totales:** \$ 5.498.862,82.
- **Utilidades:** \$295,934,355.10

Gráfico 25. Comportamiento del Sistema en el Escenario 2.



Fuente: Los autores, 2015. Software Vensim PLE ®.

5.6.3 Tercer Escenario.

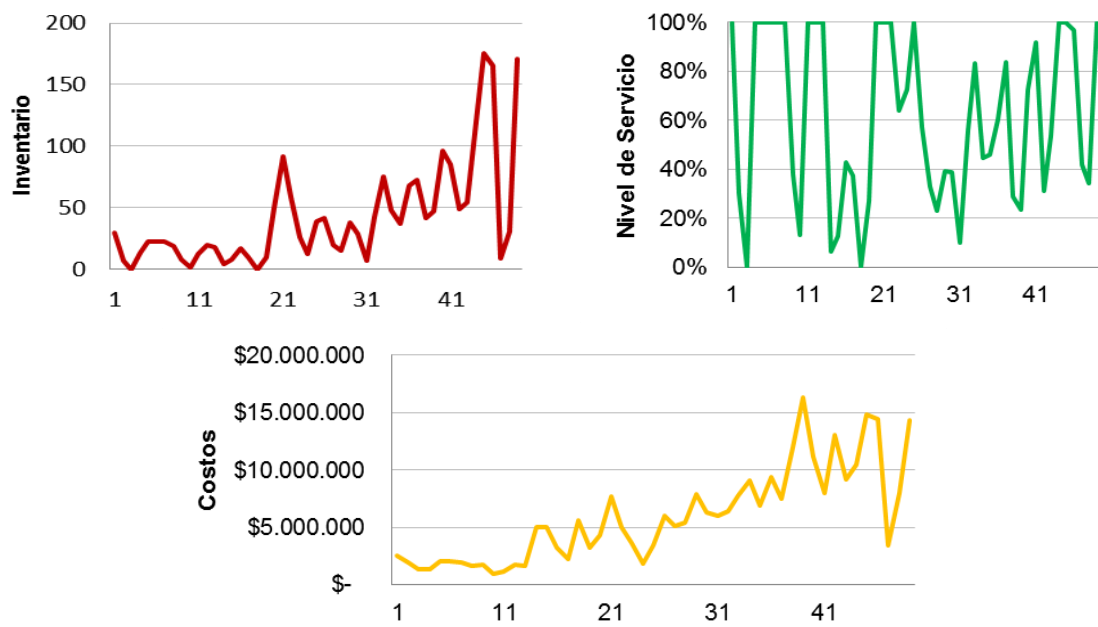
En el tercer escenario simulado, el stock de seguridad es igual al valor correspondiente al MAPE calculado, sin importar si hay o no incumplimientos en el sistema, así:

*Inventario deseado = DELAY FIXED (Pronóstico de Demanda*1.472, Lead Time, 1).*

El Gráfico 26. muestra el comportamiento del sistema. Los valores promedios de las variables analizadas fueron:

- **Nivel de Servicio:** 61,14%
- **Demanda:** 63 unidades
- **Entregas:** 40 unidades
- **Inventario:** 43 unidades
- **Costos Totales:** \$ 5.951.414,24
- **Utilidades:** \$420,375,951.02

Gráfico 26. Comportamiento del Sistema en el Escenario 3.



Fuente: Los autores, 2015. Software Vensim PLE ®.

5.7 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.

Tras la simulación se observa una mejora en el sistema, evaluando Nivel de Servicio, Inventario, Utilidades y Costos. El resumen de los datos obtenidos se presenta en la Tabla 21.

Tabla 21. Comportamiento de las Variables del Sistema.

	INICIAL	Escenario1	Escenario2	Escenario3
COSTOS	\$ 5,222,614	\$ 5,728,599	\$ 5,498,863	\$ 5,951,414
INVENTARIO	19 unidades	35 unidades	29 unidades	42 unidades
NIVEL DE SERVICIO	31.020%	53.133%	47.430%	61.136%
UTILIDADES	\$142,007,964	\$362,839,749	\$295,934,355	\$420,375,951

Fuente: Los autores, 2015.

Dado los valores promedio de las variables de decisión, se concluye que el escenario tres es el más apropiado para generar toma de decisiones en el sistema y se definen las siguientes políticas:

- **Cuándo pedir:** Cada vez que el nivel de inventario sea menor al inventario requerido.
- **Cuánto pedir:** Deberá pedirse lo que haga falta en el inventario de un periodo determinado, para completar la cantidad de entregas esperadas, de acuerdo al comportamiento del mercado, calculado a partir de modelo de suavización exponencial doble, más el stock de seguridad deseado, que será el valor del MAPE calculado.

$$Q = \text{Inventario} - (\text{Pronóstico} + \text{Stock de Seguridad})$$

- **Cada cuánto pedir:** No existe una frecuencia determinada para realizar un pedido, esta dependerá del comportamiento del mercado y los niveles de stock establecidos.

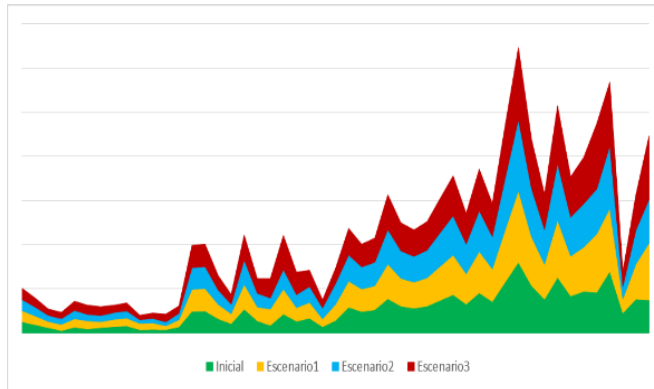
Puede observarse una mejora entre el nivel de servicio y un incremento en las Utilidades entre el modelo propuesto y el modelo inicial. De acuerdo con la simulación realizada, puede asegurarse que el método de pronóstico utilizado, se ajusta bien a los datos de la demanda, por lo que reduce el nivel de riesgo para las decisiones que se toman. Los resultados obtenidos en la simulación, demuestran mejoras considerables en el sistema actual y el manejo que venía dándosele a la gestión de inventarios, ya que además de incrementarse los valores del Nivel de Servicio, se aumentan las utilidades totales, lo que puede significar mayor rentabilidad en el negocio.

Tras la implementación de la política propuesta, se incrementan los costos de la gestión de inventarios, traducidos en mayores unidades a mantener en inventario, los cuales fueron incluidos en el modelo. Adicionalmente, la empresa deberá contar con los costos relacionados al personal a cargo y el sistema de información necesarios para la puesta en marcha de las políticas propuestas.

Adicionalmente, el modelo propuesto permite a la empresa tomar decisiones partiendo del comportamiento de la demanda y considerándola estocástica, reduciendo así el impacto de cambios bruscos en el mercado y permitiendo una respuesta más rápida al mismo.

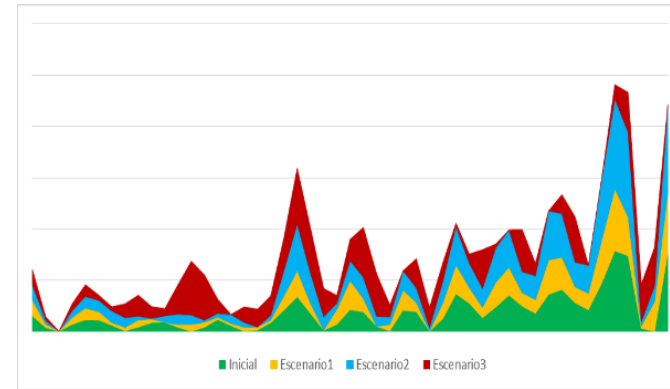
En los Gráficos 27. al 30. se muestra el cambio en la magnitud de cada una de las variables analizadas en el tiempo.

Gráfico 27. Costos del Sistema.



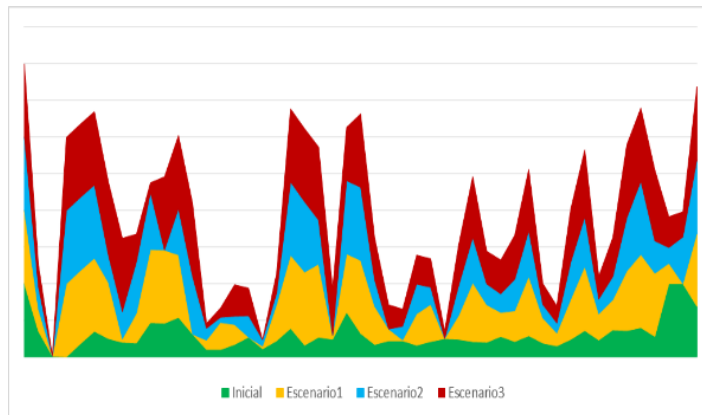
Fuente: Los autores, 2015.

Gráfico 29. Nivel de Inventarios.



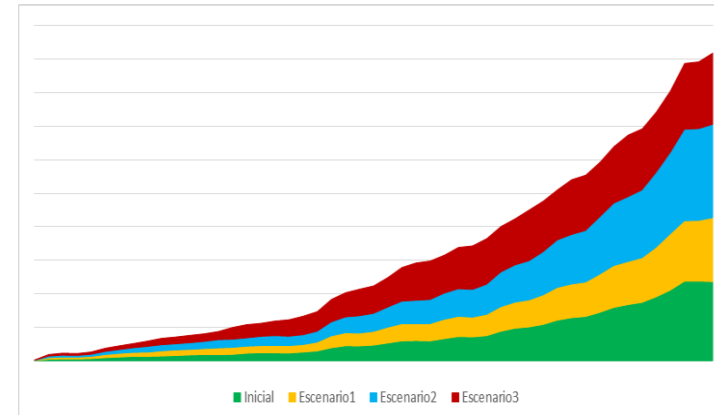
Fuente: Los autores, 2015.

Gráfico 28. Nivel de Servicio.



Fuente: Los autores, 2015.

Gráfico 30. Utilidades del sistema.




Fuente: Los autores, 2015.

5.8 APLICACIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA.

Pensando en que la compañía pueda implementar el modelo propuesto, se diseña el procedimiento de gestión de Abastecimiento, que le servirá de guía a la gerencia para la puesta en marcha del proyecto.

5.8.1 Procedimiento de Gestión de Abastecimiento.

	Procedimiento Gestión de Abastecimiento	Código: GL-01	Versión: 01
	LOGÍSTICA Y ABASTECIMIENTO		Fecha de Aprobación:

OBJETIVO Y ALCANCE.

El presente procedimiento, busca definir y establecer los lineamientos y actividades que deberán realizarse para asegurar el flujo de materiales y herramientas requeridos para la operación de Inmogas Ltda., cumpliendo los parámetros de cantidad, calidad y oportunidad. Incluye los subprocesos de Compra y Entregas de material.

RESPONSABLES.

- **Gerente General:** Proveer el recurso económico para la compra de material, mantenimiento de la bodega, y demás costos generados por la operación del presente procedimiento, así como velar por el cumplimiento de las normas y políticas aquí estipuladas.
- **Coordinador de Almacén:** Responsable de diseñar, coordinar, ejecutar y hacer seguimiento a los planes y políticas que hacen parte de este procedimiento.
- **Personal Operativo:** Seguir las políticas estipuladas en este procedimiento.

PRERREQUISITOS DE OPERACIÓN.

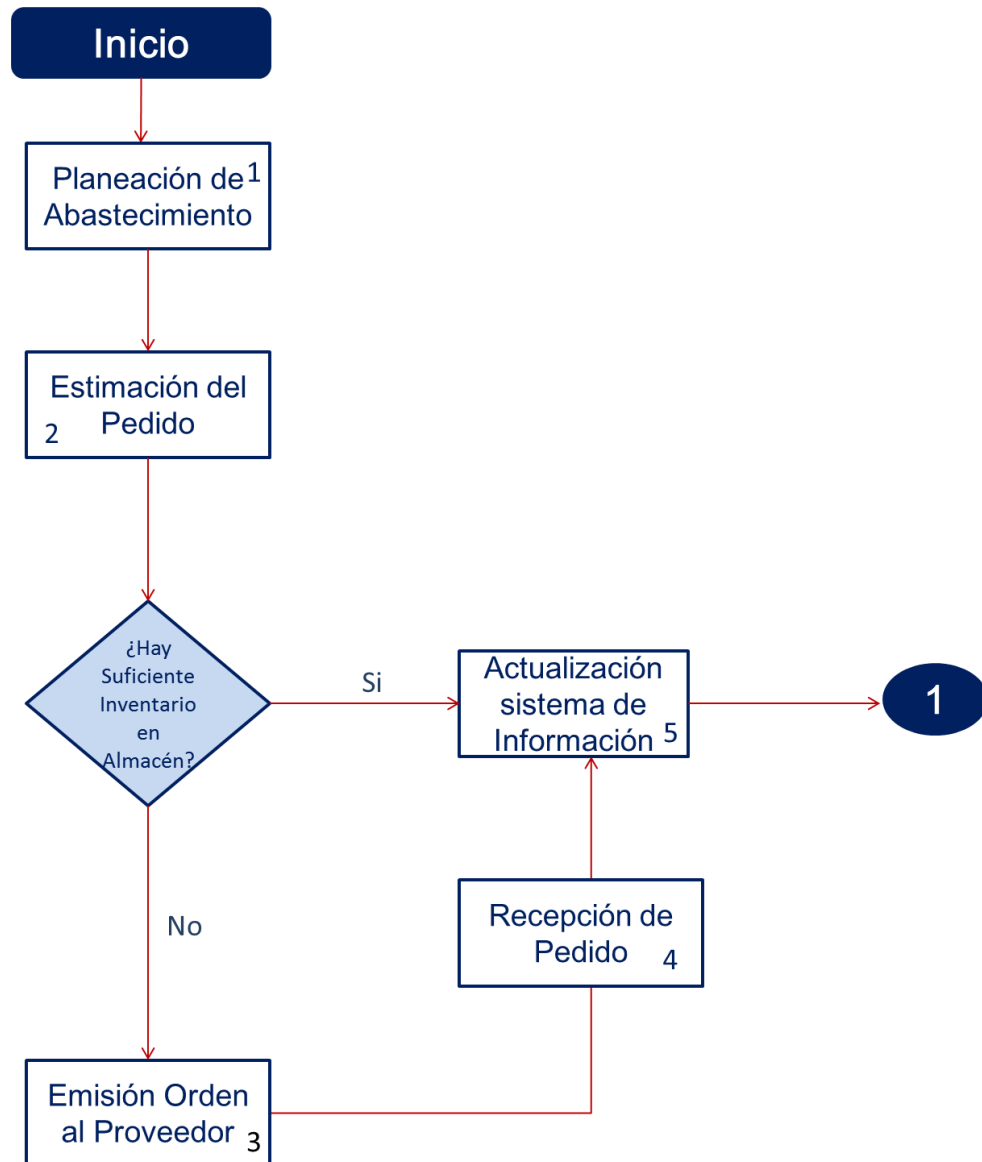
- Para la ejecución del presente procedimiento la empresa debe contar con un sistema de información que permita de manera clara, eficiente y eficaz, conocer las existencias en almacenamiento, en tiempo real.
- Debe contarse con la persona a cargo del control y seguimiento del presente procedimiento, aquí denotado como coordinador de almacén. De lo contrario cualquier gestión realizada podría no tener los resultados esperados.

DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES.

- Compra de Materiales.

En el Gráfico 31 se encuentra la descripción gráfica del subproceso de compra, definido para la empresa Inmogas Ltda.

Gráfico 31. Gestión de Compras: Descripción Gráfica.



Fuente: Los Autores, 2015.

En la Tabla 22 se describe el detalle de cada actividad.

Tabla 22. Gestión de Compras: Descripción Detallada.

Actividad	Entradas	Descripción	Responsable	Salidas
1. Planeación de Abastecimiento.	Información Comportamiento del mercado.	<p>Al entender la dinámica del mercado al cual pertenece la compañía, y buscando atender de manera oportuna cada una de las solicitudes recibidas, se plantea la planeación de abastecimiento como base fundamental para el cumplimiento de la misión y visión organizacionales.</p> <p>Para tal fin, se realizará de manera periódica el análisis del comportamiento del mercado, a partir del cálculo del pronóstico basado en un modelo de Suavización Exponencial Doble.</p>	Gerente General. Coordinador de Almacén.	Análisis Comportamiento del Mercado.
2. Estimación del Pedido.	Análisis Comportamiento del Mercado.	Una vez se tenga la información del comportamiento del mercado, la persona a cargo del almacén deberá establecer la cantidad de pedido a realizar de acuerdo a la fórmula: <i>Inventario Requerido= (Pronóstico + Stock de Seguridad)</i> . Donde el Stock de Seguridad deberá ser el equivalente al MAPE del pronóstico calculado.	Coordinador de Almacén.	Cantidad de Pedido a Realizar.

Actividad	Entradas	Descripción	Responsable	Salidas
3. Emisión Orden al Proveedor.	<p>Cantidad de Pedido a Realizar.</p> <p>Nivel de Inventario actual.</p>	<p>Si la cantidad de inventario requerido es mayor al inventario en bodega, deberá realizarse un pedido al proveedor correspondiente a la fórmula <i>Pedido = Inventario Requerido – Inventario Actual</i>.</p> <p>El pedido deberá realizarse contemplando los días de suministro del proveedor, en este momento estimados conforme a un comportamiento uniforme entre 3 y 5 días.</p>	<p>Gerente General.</p> <p>Coordinador de Almacén.</p>	Orden de Compra.
4. Recepción del Pedido.	Orden de Compra.	<p>Una vez realizada la compra, el coordinador de bodega será el encargado de recibir y almacenar las unidades admitidas, así como de gestionar su pago con la gerencia general.</p> <p>Debe verificarse que las cantidades relacionadas en la factura coincidan con el producto físico, de lo contrario no podrá ser recibido. Adicionalmente se realizará una inspección visual del producto, asegurando las condiciones óptimas de calidad</p>	<p>Gerente General</p> <p>Coordinador de Almacén.</p>	Factura.

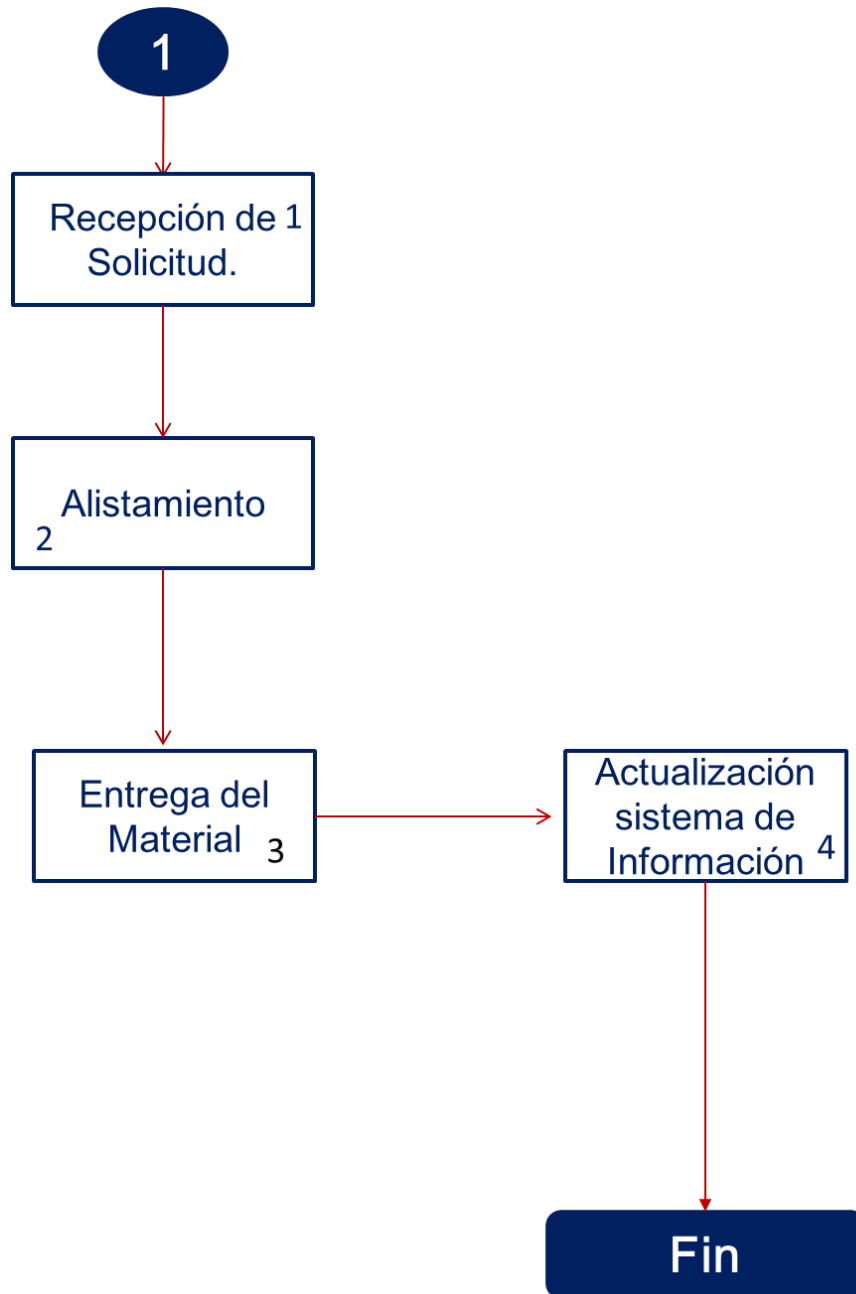
Actividad	Entradas	Descripción	Responsable	Salidas
		en las cuales el proveedor está comprometido a entregarlo.		
5. Actualización Sistema de Información.	Factura. Unidades recibidas.	El coordinador de bodega deberá mantener actualizado el sistema de información, registrando las entradas y salidas de material correspondiente.	Coordinador de Almacén.	Sistema de Información Actualizado.

Fuente: Los autores, 2015.

- Gestión de Entrega de Pedidos.

En el Gráfico 32 se encuentra la descripción gráfica del subproceso de entrega de pedidos, definido para la empresa Inmogas Ltda.

Gráfico 32. Entrega de Pedidos: Descripción Gráfica.



Fuente: Los Autores, 2015.

En la Tabla 23 se describe cada una de las actividades.

Tabla 23. Entrega de Pedidos: Descripción Detallada.

Actividad	Entradas	Descripción	Responsable	Salidas
1. Recepción de Solicitud.	Formato Solicitud de Pedido	El personal operativo deberá presentar al coordinador de Bodega, o a quien haga sus veces, el Formato Solicitud de Pedido, diligenciando los campos en su totalidad.	Personal Operativo. Coordinador de Bodega.	Formato Solicitud de Pedido Diligenciado.
2. Alistamiento.	Formato Solicitud de Pedido Diligenciado.	El coordinador de Bodega, o quien haga sus veces, revisará que el Formato cumpla con los criterios establecidos. En caso afirmativo procederá con el alistamiento del material, entendiéndose que este procedimiento se realizará en orden de llegada de las solicitudes, y que el tiempo de entrega dependerá del flujo de las mismas. Es recomendable entregar las solicitudes con al menos tres días hábiles de antelación para evitar retrasos de entrega.	Personal Operativo. Coordinador de Bodega.	Material Disponible para entrega.

Actividad	Entradas	Descripción	Responsable	Salidas
3. Entrega de Material.	Material Disponible para entrega.	<p>El coordinador de Bodega, o quien haga sus veces, hará entrega del material al solicitante, dejando registro en el Formato entrega de Material. Dicho formato será entregado al área comercial, y servirá de base en el proceso de facturación de servicios.</p> <p>En caso de que haya alguna devolución, el personal operativo deberá hacer la entrega correspondiente al coordinador de bodega, quien dejará constancia en el Formato entrega de material.</p>	<p>Personal Operativo.</p> <p>Coordinador de Bodega.</p>	Formato entrega de Material.
5. Actualización Sistema de Información.	Formato entrega de Material.	El coordinador de bodega deberá mantener actualizado el sistema de información, registrando las entradas y salidas de material correspondiente.	Coordinador de Almacén.	Sistema de Información Actualizado.

Fuente: Los autores, 2015.

REGISTROS QUE APLICAN.

Formato Solicitud de Pedido. (Ver Anexo 7).
Formato Entrega de Material. (Ver Anexo 8).

DOCUMENTOS DE REFERENCIA.

NTC ISO 9001:2008. Sistemas de Gestión de Calidad.

CONTROL DE CAMBIOS.

REVISIÓN	FECHA	PÁGINA	DESCRIPCIÓN DE LA MODIFICACIÓN	OBSERVACIONES

Elabora	Revisa	Aprueba
Lina Pedraza <i>Consultor Externo</i>	<i>Coordinador de Bodega</i>	Santiago Pérez <i>Gerente General</i>

6. VALIDACION FINANCIERA.

Buscando demostrar la viabilidad económica de la implementación del modelo propuesto para la empresa Inmogas Ltda., se consideran los costos de inversión y las utilidades generadas en un panorama de cuatro años. En el Anexo 9. se encuentra el detalle del análisis realizado.

En la Tabla 24. se observan los costos estimados para la implementación del modelo. La proyección en el tiempo de la inversión inicial y los beneficios obtenidos, realizada de acuerdo a la fórmula $VF = VP * (1 + i)^{n79}$, se detalla en la Tabla 25.

Para la proyección de los datos se consideró una tasa de interés igual al 3% correspondiente a la tasa de inflación en el largo plazo⁸⁰, para así calcular el Flujo Neto de Efectivo, el cual puede observarse en el Gráfico 33.

Con los datos obtenidos en el flujo de caja, y de acuerdo a la fórmula $VPN = -I + \frac{\sum At}{(1+i)^n}$ ⁸¹, se realiza el cálculo del Valor presente Neto, considerando la tasa promedio de Interés Bancario Cte. en el país (19.26%)⁸² más la DTF (4,54%)⁸³ como tasa de oportunidad del proyecto de acuerdo al horizonte establecido. Adicionalmente se establece el periodo de recuperación de la inversión, de acuerdo a lo presentado en la Tabla 26.

$$VPN = -76.734.000 + \frac{32.311.978}{(1 + 0.238)^1} + \frac{33.281.338}{(1 + 0.238)^2} + \frac{34.279.778}{(1 + 0.238)^3} + \frac{35.308.171}{(1 + 0.238)^4}$$

$$VPN = \$ 3,375,505.87 \text{ (Ver Tabla 25).}$$

De acuerdo a los resultados obtenidos se afirma que la implementación del proyecto, generaría un retorno de la inversión inicial en aproximadamente 3 años, y al cuarto año de ejecución, la empresa empezaría a recibir ganancias adicionales.

⁷⁹ MONTROYA, Leonel. Matemáticas Financieras. 8a ed. Editorial Multigráficas, 1995. 219 p.

⁸⁰ BANCO DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA. [en línea]. <<http://www.banrep.gov.co/es/inflacion-mar-2015>> [citado 24 de Julio de 2015].

⁸¹ COSS BU, Raúl. Análisis y evaluación de proyectos de inversión. Editorial Limusa, 1981. 349 p. ISBN 9681813278, 9789681813277.

⁸² SUPERINTENDENCIA FINANCIERA DE COLOMBIA. [en línea]. <<https://www.superfinanciera.gov.co/jsp/index.jsf>> [citado 24 de Julio de 2015].

⁸³ BANCO DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA. [en línea]. <<http://www.banrep.gov.co/es/df>> [citado 24 de Julio de 2015].

Posteriormente, con base en la fórmula $\frac{\sum At}{(1+TIR)^n} = 0$ ⁸⁴, se calcula la Tasa Interna de Retorno, para validar la rentabilidad del proyecto.

$$TIR = 26,74\%$$

Ya que la **TIR** calculada es mayor a la **Tasa de Oportunidad** establecida, se considera rentable el proyecto en un horizonte de recuperación entre 3 y 4 años.

Finalmente, se realiza el análisis Costo / Beneficio del proyecto, con base en la fórmula $\text{Costo/Beneficio} = \frac{\sum Ai}{I + \sum Ei}$ ⁸⁵ :

$$\text{Costo/Beneficio} = \frac{77,605,198 + 79,700,539 + 81,852,453 + 84,062,469}{76,734,000 + 45,161,298 + 46,380,653 + 47,632,931 + 48,919,020}$$

$$\text{Costo/Beneficio} = 1.22 \text{ (Ver Tabla 25).}$$

Ya que $\text{Costo/Beneficio} > 0$, puede afirmarse que la implementación del proyecto es financieramente viable, y que su aplicación podrá repercutir positivamente en la rentabilidad de la compañía.

⁸⁴ COSS BU, Raúl. Análisis y evaluación de proyectos de inversión. Editorial Limusa, 1981. 349 p. ISBN 9681813278, 9789681813277. P. 74.

⁸⁵ POCKET, mentor series. SERIE, Pocket Mentor. Entendiendo las finanzas. Impact Media Comercial, 2009. 102 p. ISBN 9568827072, 9789568827076.

Tabla 24. Inversión Inicial para la Implementación del Proyecto.

RECURSOS	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	Vr. UNITARIO	Vr. TOTAL	FUENTE DE FINAN.
HUMANOS	Ingeniero a cargo de la implementación del modelo.	Salario / mes	6 MESES	\$2.700.000	\$ 16.200.000	Inmogas Ltda.
	Técnico a cargo del manejo de la bodega.	Salario / mes	12 MESES	\$750.000	\$ 9.000.000	Inmogas Ltda.
INTELECTUALES	Estudio de mercado e identificación de variables externas influyentes en la toma de decisiones.	Horas / mes	6 MESES	\$1.500.000	\$ 9.000.000	Inmogas Ltda.
	Seguimiento y control de la implementación.	Horas / mes	12 MESES	\$900.000	\$ 10.800.000	Inmogas Ltda.
FÍSICOS	Acondicionamiento de la Bodega	Horas / mes	6 MESES	\$1.000.000	\$ 6.000.000	Inmogas Ltda.
	Uso de Equipos tecnológicos	Horas / mes	12 MESES	\$280.000	\$ 3.360.000	Inmogas Ltda.
	Papelería	Unidad / mes	12 MESES	\$120.000	\$ 1.440.000	Inmogas Ltda.
OTROS GASTOS	Incremento de costos del Sistema tras la implementación del modelo	\$ / mes	12 MESES	\$1.440.000	\$ 17.280.000	Inmogas Ltda.
	Imprevistos	\$ / mes	12 MESES	\$304.500	\$ 3.654.000	Inmogas Ltda.
TOTAL		\$				76.734.000

Fuente: Los autores, 2015.

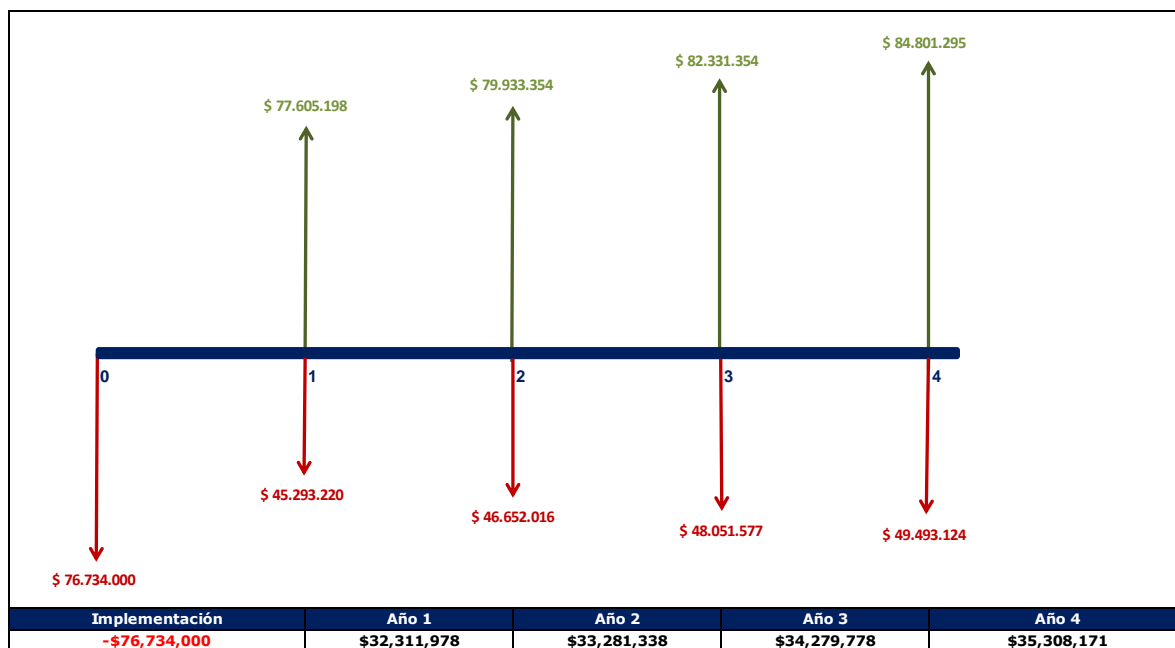
Tabla 25. Proyección de la Inversión y Beneficios de la Implementación (flujo de caja) a Cuatro Años.

EGRESOS						
RECURSOS	DESCRIPCIÓN	Implementación	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
HUMANOS	Ingeniero a cargo de la implementación del modelo.	\$ 16,200,000	-	-	-	-
	Técnico a cargo del manejo de la bodega.	\$ 9,000,000	\$ 9,270,000	\$ 9,548,100	\$ 9,834,543	\$ 10,129,579
INTELECTUALES	Estudio de mercado e identificación de variables externas influyentes en la toma de decisiones.	\$ 9,000,000	-	-	-	-
	Seguimiento y control de la implementación.	\$ 10,800,000	\$ 11,124,000	\$ 11,457,720	\$ 11,801,452	\$ 12,155,495
FÍSICOS	Acondicionamiento de la Bodega	\$ 6,000,000	-	-	-	-
	Uso de Equipos tecnológicos	\$ 3,360,000	\$ 3,460,800	\$ 3,564,624	\$ 3,671,563	\$ 3,781,710
	Papelería	\$ 1,440,000	\$ 1,483,200	\$ 1,527,696	\$ 1,573,527	\$ 1,620,733
OTROS GASTOS	Incremento de costos del Sistema tras la implementación del modelo	\$ 17,280,000	\$ 17,798,400	\$ 18,332,352	\$ 18,882,323	\$ 19,448,792
	Imprevistos	\$ 3,654,000	\$ 2,156,820	\$ 2,221,525	\$ 2,288,170	\$ 2,356,815
TOTAL		\$ 76,734,000	\$ 45,293,220	\$ 46,652,017	\$ 48,051,577	\$ 49,493,124

INGRESOS						
BENEFICIOS DERIVADOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO.	DESCRIPCIÓN	Implementación	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
	Ingresos adicionales.	\$0	\$77,605,198	\$ 79,933,354	\$ 82,331,355	\$ 84,801,295
TOTAL		\$ -	\$ 77,605,198	\$ 79,933,354	\$ 82,331,355	\$ 84,801,295

Fuente: Los autores, 2015.

Gráfico 33. Flujo de Caja.



Fuente: Los autores, 2015.

Tabla 26. Periodo de Recuperación de la Inversión.

FLUJOS VP		FLUJO ACUMULADO
1	\$26,100,144	\$26,100,144
2	\$26,883,148	\$52,983,292
3	\$27,689,643	
4	\$28,520,332	
INVERSIÓN INICIAL		\$76,734,000
ÚLTIMO FLUJO		\$27,689,643
POR RECUPERAR		\$23,750,708
PERIODO DE RECUPERACIÓN		2.86

Fuente: Los autores, 2015.

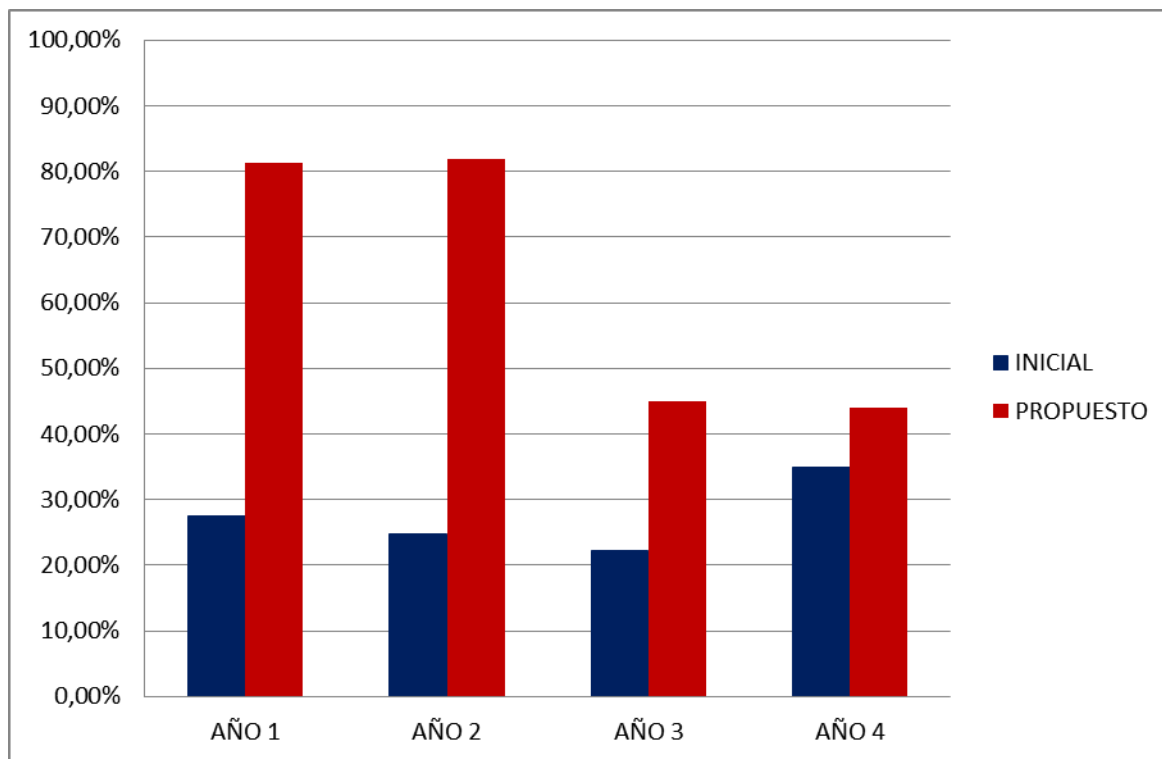
7. INDICADORES DE GESTIÓN.

Para medir el desempeño del sistema, y evidenciar la mejora que se deriva de la implementación del modelo propuesto, se analizaron 5 indicadores de gestión, comparando los datos del sistema inicial con los obtenidos tras la simulación de las políticas sugeridas.

- **Nivel de Servicio** =
$$\frac{\text{Instalaciones Realizadas}}{\text{Demanda}}$$

En el Gráfico 34. se observa claramente el aumento obtenido en el modelo propuesto en el cumplimiento a los clientes, lo que se ve reflejado en el Nivel de Servicio de la compañía, el cual tuvo un incremento promedio del 35.66 % en los cuatro años simulados.

Gráfico 34. Nivel de Servicio.



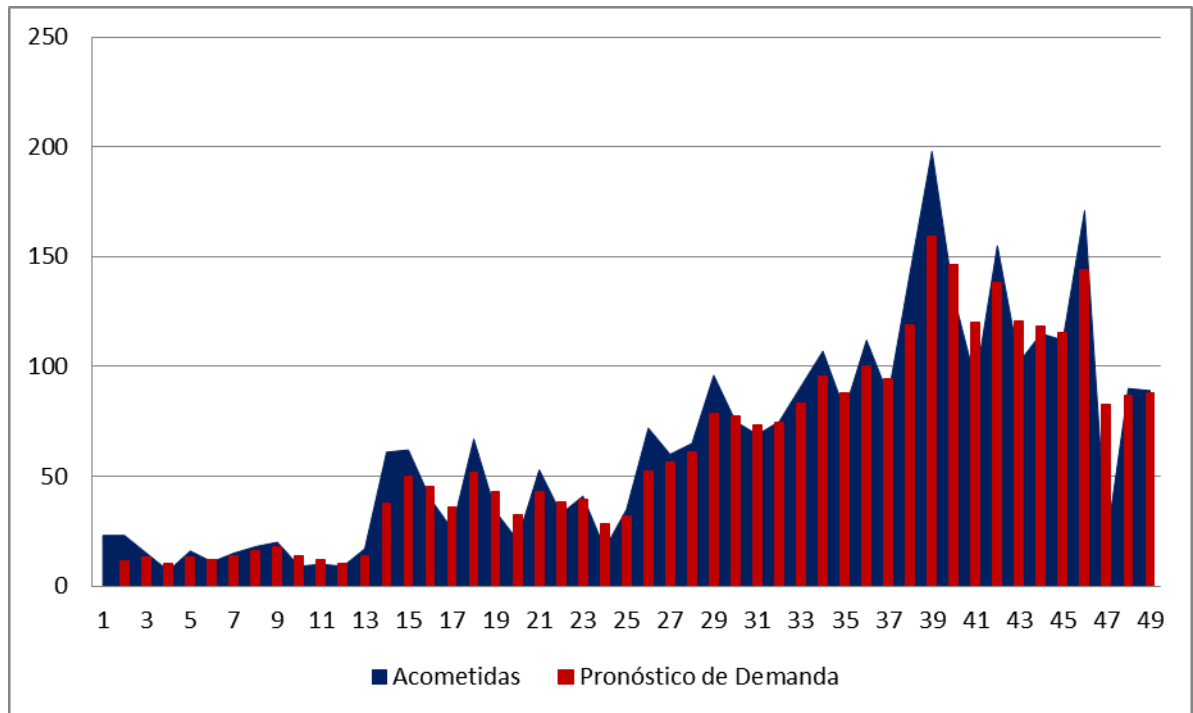
Fuente: Los autores, 2015.

- **Error de Previsión de Demanda** =
$$\frac{|\text{Pronóstico} - \text{Demanda}|}{\text{Demanda}}$$

Se halló el error de previsión de la demanda, comparando los datos simulados como demanda real y los obtenidos con el modelo de suavización exponencial doble. El

índice de error promedio se calculó en un 26%, lo que traduce una mejora significativa, ya que en el sistema inicial no se consideraba la demanda como factor de decisión. En el gráfico 35. Se ilustran los datos considerados para el análisis.

Gráfico 35. Error de Previsión de Demanda.

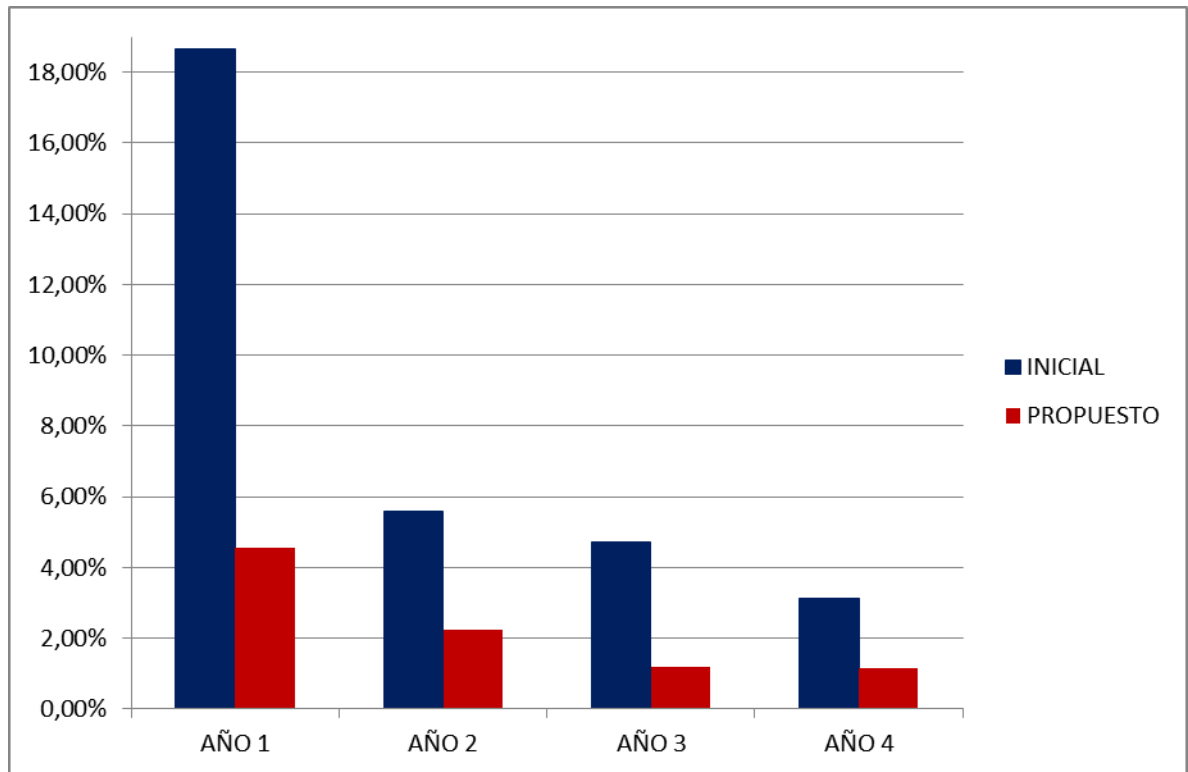


Fuente: Los autores, 2015.

- Costos de Inventario** =
$$\frac{\text{Costos asociados al Inventario}}{\text{Ventas Totales}}$$

Se analizó la relación existente entre los costos generados por la gestión de inventarios y las ventas totales de la empresa, considerando los datos promedio de la simulación de los modelos inicial y propuesto. En el Gráfico 36. se observa la mejora obtenida, lo cual demuestra la posible contribución a la rentabilidad que generaría el modelo:

Gráfico 36. Costos de Inventario.

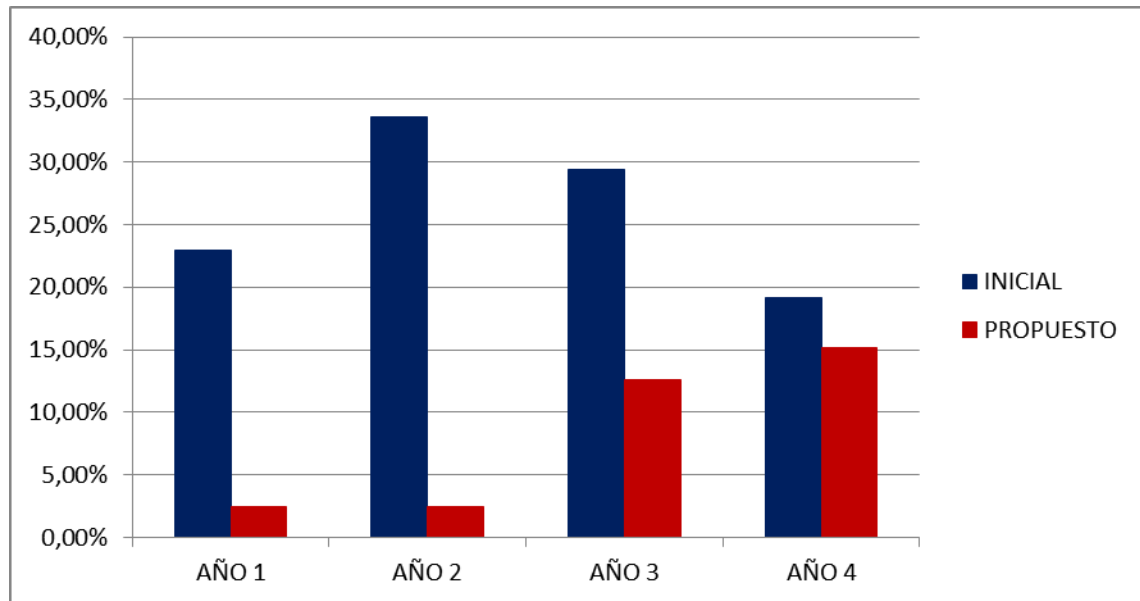


Fuente: Los autores, 2015.

- Ventas Perdidas** = $\frac{\text{Pedidos no entregados}}{\text{Demanda}}$

Se analiza la relación existente entre el promedio de pedidos no entregados y la demanda de los cuatro años simulados en los modelos inicial y propuesto. El índice de ventas perdidas disminuye en un 18.10% tras la implementación de las políticas propuestas, de acuerdo con el Gráfico 37.

Gráfico 37. Ventas Perdidas.

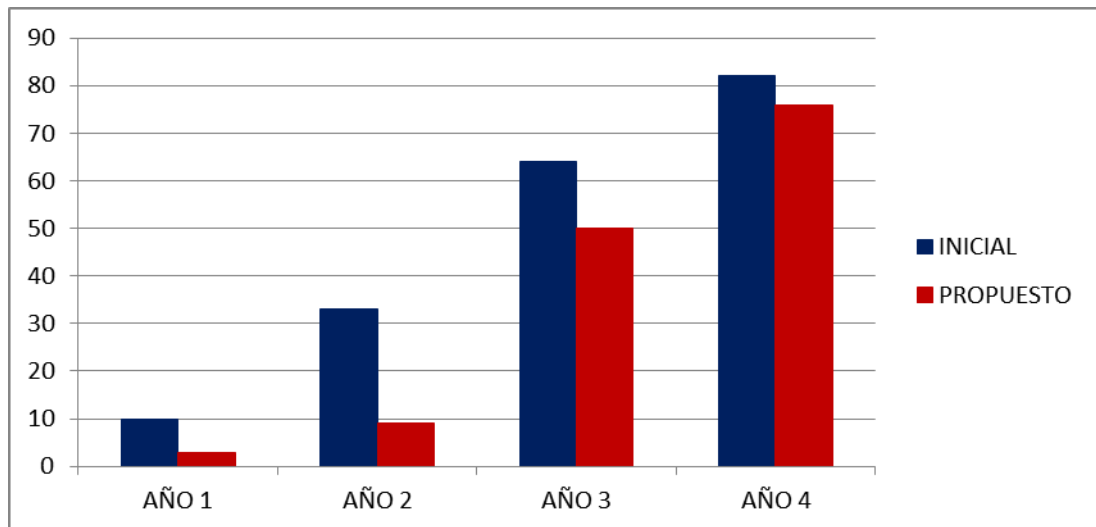


Fuente: Los autores, 2015.

- Faltantes de Inventario** =
$$\frac{\text{Inventario no disponible}}{\text{Cantidad que debería estar disponible}}$$

Se evalúa la ruptura del inventario, midiéndola en el modelo inicial y propuesto, tomando los datos simulados de 4 años, obteniendo una disminución del 26,98% de faltantes en el inventario, como puede observarse en el Gráfico 38.

Gráfico 38. Faltantes de Inventario.



Fuente: Los autores, 2015.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

- De acuerdo con el modelo teórico considerado, la empresa debería mantener un stock de seguridad de 39 unidades, para un nivel de servicio del 95%, de acuerdo a la ecuación $SS = Z_{NS} * \sigma$, conforme a la desviación media absoluta obtenida en el modelo de pronóstico analizado, sin embargo, en la realidad no es posible aplicarlo de manera pura, considerando la dinámica del sistema.
- Para reducir la incertidumbre en el sistema, debe asegurarse la aplicación de un modelo de pronóstico apropiado, que se ajuste a los datos analizados, minimizando así las medidas de error, y cumpliendo la demanda que se presente sin necesidad de incurrir en grandes costos de mantenimiento de material.
- De acuerdo al modelo de pronóstico elegido, se espera una demanda de 89 unidades, con una desviación media absoluta de 20 unidades. Por lo que la planeación de operación debería estar enfocada en función a este volumen de ventas, evitando desabastecimiento.
- El diagnóstico estratégico realizado permitió entender de una manera más profunda el comportamiento de la empresa, el entorno en el cual se encuentra y su interrelación con él, por lo que resultó fundamental para el desarrollo del modelo. Así mismo, al considerar el diagnóstico técnico se encontró la relación lógica entre las variables influyentes en el sistema, información que fue vital para el modelamiento planteado.
- Los modelos teóricos revisados fueron de mucha utilidad para el planteamiento y descripción del sistema, sin embargo, llevados a la realidad no pueden aplicarse en su totalidad, por lo que se recomienda tomarlos como base para la toma de decisiones y realizar ajustes que se adapten al contexto del negocio, siendo la dinámica de sistemas una herramienta muy útil para realizarlo.
- Un pequeño cambio como lo es la implementación de un pronóstico en la toma de decisiones del sistema, tiene grandes repercusiones en el comportamiento del mismo, por lo que se considera fundamental una elección apropiada, derivada del correcto análisis estadístico de los datos históricos.
- La simulación del sistema deberá ser siempre un criterio de toma de decisiones en la gestión, sin ser considerada como la verdad absoluta. Paralelamente deben evaluarse variables excluidas que a futuro podrían generar algún impacto en el comportamiento, considerando la dinámica a la que está inmersa el mercado.

- Deben generarse políticas de control y seguimiento en la gestión de inventarios, que permitan revisar detalladamente el comportamiento del sistema, apuntando siempre a la mejora continua y al crecimiento de la compañía.
- Es fundamental realizar un análisis financiero sólido, que permita al inversionista de la organización tener una visión clara de los beneficios que se deriven de la implementación del proyecto, por lo que se considera importante analizar más de un indicador para poder contrastarlos y tomar una decisión correcta.
- Adicional a los beneficios económicos que puede traer la implementación del modelo planteado y del incremento en los indicadores considerados para el estudio, se genera organización y control sobre la gestión que se viene realizando, lo cual se consiguió desde el inicio de la investigación y que permite a las directivas de la compañía ver factores a través de un tercero que se omiten por la cotidianidad en la operación.
- La simulación dinámica fue una herramienta clave para el modelamiento del sistema, permitiendo visualizar diferentes realidades a partir del planteamiento de escenarios, para así encontrar las variables que son claves para la planeación y gestión, y generar políticas enfocadas al control de las mismas.
- La implementación del modelo propuesto, sólo podrá generar los resultados esperados con el apoyo del Capital Humano adecuado, entendiendo que para que la empresa sea más competitiva y dinámica ante el mercado, siendo capaz de crecer económicamente de manera sostenible, la educación y formación de su talento humano debe estar dentro de sus prioridades de inversión.
- La correcta planificación deberá tener un impacto positivo en la gestión actualmente desarrollada, por lo que se invita a la compañía a diagnosticar y emprender acciones de mejora en las demás áreas de la organización, partiendo de la investigación aquí adelantada, buscando que cada uno de sus departamentos trabaje en sinergia con los objetivos estratégicos y apuntando siempre al crecimiento.
- En un sector como el aquí analizado, el nivel de servicio se convierte en un factor clave de éxito y debe ser para la empresa el principal objetivo a alcanzar tras la implementación del modelo, ya que el incumplimiento en el servicio, puede generar, además de la mala imagen, la pérdida de credibilidad, y la pérdida de mercado, sanciones económicas que impactan importantemente la rentabilidad esperada.

BIBLIOGRAFÍA.

ACEVEDO, J. y URQUIAGA, A. Rediseño de los Sistemas Logísticos Para Competir con Éxito. En procceding del Primer Simposio de Ingeniería Logística. Fondo Rotatorio Armada Nacional, Bogotá, 1997.

ALBORNOZ, Víctor M.; ORTIZ-ARAYA, Virna. Modelos jerárquicos de decisión en dos niveles para la planificación táctica bajo incertidumbre en las demandas. XIV Latin Ibero-American Congress on Operations Research – Book of Extended Abstracts. Universidad Técnica Federico Santa María. Santiago, Chile. CLAIO, 2008.

ALFORD, L. P., BANGS, John R., HAGEMANN, George E. Manual de la Producción. México: Editorial Limusa S.A., de C.V. Grupo Noriega Editores, 1994. 200 p. ISBN: 9681839528.

BABAI, M. Z., et al. Forecasting and inventory performance in a two-stage supply chain with ARIMA (0, 1, 1) demand: Theory and empirical analysis. International Journal of Production Economics, 2013, vol. 143, no 2, p. 463-471.

BALLOU, Ronald H. GARRIDO PÉREZ, Manuel. Logística empresarial, control y planificación. Editado por: Díaz de Santos. España. 1991.

BENITO, G. A., & SANTOS, M. H. B. Propuesta metodológica de un sistema de producción de una empresa constructora aplicando modelos de inventarios y simulación. México, 2014. ISBN: 978-607-95635.

BETANCOURT, Francisco David; CURBELO, Annarella; PALACIOS, Víctor. Estimación de los costos de calidad y evaluación de la calidad de la gestión en un Centro de Elaboración de Productos Alimenticios. Estimating the costs of quality and evaluation of the quality of management in a Center for Food Processing. Avanzada Científica, 2013, vol. 16, no 2, p. 67-81.

CASTILLO MARTÍNEZ, Jairo Alberto. Definición de stock de seguridad y punto de reorden para la compra de equipos en una empresa de servicios del sector telecomunicaciones. Azteca Comunicaciones, Colombia. 2014.

COSS BU, Raúl. Análisis y evaluación de proyectos de inversión. Editorial Limusa, 1981. 349 p. ISBN 9681813278, 9789681813277.

CRUZ-SUÁREZ, Heliodoro. Horizonte de pronóstico en sistemas de inventarios controlados: una revisión panorámica. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México. Vol. 1, No 1, 2004.

CUSINGA DEL CARPIO, Harold. Planificación de la gestión de inventarios y análisis de su impacto a través del uso de curvas de intercambio en una empresa metal mecánica del rubro pesquero y minero. Lima, 2013, 102 h. Trabajo de Grado (Ingeniería Industrial). Pontificia Universidad Católica del Perú. Facultad de Ingeniería. Disponible en: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/1754>.

DELGADO, Diego et al. Revisión y evaluación de diferentes modelos de gestión de inventarios para la determinación de un sistema de planeación de inventarios de producto terminado para empresas dedicadas a la fabricación de porcelana sanitaria. Bogotá, 145 h, 2012. Trabajo de Grado (Ingeniería Industrial). Universidad de la Sabana. Facultad de Ingeniería. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10818/4675>

DEVORE, J. L. Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Ciencias. (Probability And Statistics For Engineering And Sciences). Cengage Learning Editores. 2008.

ESCOBAR, John Willmer; BRAVO, Juan José; VIDAL, Carlos Julio. Optimización de una red de distribución con parámetros estocásticos usando la metodología de aproximación por promedios muestrales. Revista Científica Ingeniería y Desarrollo, 2013, vol. 31, no 1, p. 160.

EVERETT E. Adam; EBERT, Ronald J. Administración de la Producción y las Operaciones: conceptos, modelos y funcionamiento. 4a ed. México: Editorial Patience-Hall, 1991. 739 p. ISBN: 968-880-221-2.

GARCÍA CANTÚ, A. Enfoques prácticos para planeación y control de inventarios. 4a ed. México: Editorial Trillas SA De Cv, 2000. 168 p. ISBN: 9682457726.

GONZALEZ LÓPEZ-VALCARCEL, Beatriz; BARBER PÉREZ, Patricia. ¿Qué es la investigación operativa y para qué puede servirnos? Internet. Madrid: Escuela Nacional de Sanidad; 2012. Tema 7.11 Disponible en: http://e-spacio.uned.es/fez/eserv.php?pid=bibliuned:500665&dsID=n7.11_Qu___es_la_invstigaci___n_operativa.pdf

GONZÁLEZ NAVARRETE, CARLOS, et al. Una aplicación de un modelo de inventario bajo la política (R, S): caso de estudio. México, 2011, 115 h. Tesis Doctoral. (Maestro en ciencias en ingeniería de sistemas). Escuela superior de ingeniería mecánica y eléctrica unidad profesional "Adolfo López Mateos". Sección de estudios de posgrado e investigación.

GORDILLO, Francisco. ARACIL, Javier. Dinámica de Sistemas. Editorial Alianza Universidad Textos. Madrid. 1997.

GUERRA AVELLANEDA, Fernando; VARÓN ROZO, Fabián Augusto; CAÑÓN AYALA, Mario Julián. Sobre La Dinámica de un Sistema de Gestión de Inventarios. Encuentro Colombiano de Dinámica de Sistemas. Universidad Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario. Comunidad Colombiana de Dinámica de Sistemas. 2011

GUERRA, Fernando. VARÓN, Fabián. CAÑÓN, Mario. Sobre La Dinámica de un Sistema de Gestión de Inventarios. 9° Encuentro Colombiano de Dinámica de Sistemas. 14 al 16 de septiembre del 2011. Universidad Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario. Comunidad Colombiana de Dinámica de Sistemas. Bogotá, Colombia.

GUTIÉRREZ, E.V & C.J. VIDAL. Modelos de gestión de inventarios en cadenas de abastecimiento: Revisión de la Literatura. Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia 43, 134-149. 2008.

GUTIÉRREZ, Valentina; RODRÍGUEZ, Luisa Fernanda. Diagnóstico regional de gestión de inventarios en la industria de producción y distribución de bienes. Revista Facultad de Ingeniería, 2014, no 45, p.171.

HERNANDEZ SAMPIERI, Roberto et. al. Metodología de la investigación. 4a ed. México: McGraw-Hill, 2006. 803p. ISBN 970-10-5753-8.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Presentación de Tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación. Bogotá: ICONTEC, 2008. (NTC 1486).

JARAMILLO JIMÉNEZ, Jhull et al. Asignación de capacidades de almacenamiento de inventario en proceso de una línea de producción. Universidad EAFIT, 2013. Departamento de Ingeniería de Producción. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10784/1276>

LEAL, Alfredo; OLIVA, Karim. Criterios para la gestión de los sistemas de inventarios/Criteria for management inventories systems. Revista Tecnocientífica URU, 2013, no 3, p.

MARIN ARANGO, Jaime Antero; GARCIA GIRALDO, Jaime Alberto; CASTRILLÓN GÓMEZ, Omar Danilo. Gestión de compras e inventarios a partir de pronósticos Holt-Winters y diferenciación de nivel de servicio por clasificación ABC. Scientia et Technica, 2013, vol. 18, no 4, p. 743-747.

MARTÍNEZ, Federico. VILLADA, Juan. Un modelo de dinámica de sistemas para la administración de inventarios. En: Revista Soluciones de Postgrado EIA, ISSN 2811-3854. Año VI. Volumen 6, Número 11. Julio-diciembre de 2013. Escuela de Ingeniería de Antioquia. Envigado, Colombia. pp. 121-135.

MERCADO VIZCAÍNO, Aurora Judith. Introducción a la ingeniería logística: una visión desde Taylor. Bogotá, 29 h. Universidad Militar Nueva Granada. Especialización en gerencia en logística integral. 2011.

NARASIMHAN, SIM. Mcleavy, DENNIS W. BILLINGTON, Peter. Planeación de la producción y control de inventarios. 2a ed. México: Prentice Hall, 1996. 736 p. ISBN: 9688807397.

OLGUI, Alexandre, et al. A state of the art on supply planning and inventory control under lead time uncertainty. Studies in Informatics and Control, 2013, vol. 22, no 3, p. 255-268.

OLIVOS, I. J. P. S. et al. Análisis comparativo de modelos matemáticos para calcular los niveles de inventario y minimizar los costos del almacén de refacciones de una empresa vidriera. Revista de Ingeniería Industrial, Vol 7 No 1, 37-50p. 2013.

PLAZA CABRERA, Jessica Maribel; PRADO LEÓN, Geovanny Francisco. Diseño de una política óptima de inventario para una empresa distribuidora de llantas en la ciudad de Guayaquil Tesis Doctoral. ESPOL, 2013. Disponible en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/24986>

PORTER, Michael. Ventaja Competitiva. Creación y Sostenimiento de un Desempeño Superior. 6a ed. Colombia: Difusora Larousse de Colombia Ltda., 1987. 556p. ISBN: 9789702402039.

PORTEUS, Evan L. Foundations of stochastic inventory theory. California: Stanford University Press, 2002. ISBN: 0-8047-4399-1.

PRETEL, Carlos. GALVIS, Oscar. RENDÓN, Laura. OSORIO, Juan. Dinámica de sistemas para la selección de un sistema de pronóstico con base en el impacto de excesos y faltantes. En: Revista S&T, 2013, 11(24), pp.55-71.

RAMÍREZ AGUDELO, Sebastián. Comparación de metodologías estadísticas para pronóstico de demanda de productos de difícil estimación. Medellín, 2013, 69 h. Trabajo de Grado (Ingeniería Industrial). Universidad Pontificia Bolivariana. Facultad de Ingeniería. Disponible en: <http://hdl.handle.net/123456789/1324>

RUBIO, Oliver. RAMÍREZ, Sergio. ÁNGEL, María. FERNÁNDEZ, Juan. Análisis de la toma de decisiones en el manejo de inventarios utilizando dinámica de sistemas. X Congreso Latinoamericano de Dinámica de Sistemas. 2012.

SALAZAR GARCÍA, Horus Emmanuel; HINCAPIÉ ISAZA, Ricardo Alberto; GALLEGU RENDÓN, Ramón Alfonso. Metodología para el planeamiento de sistemas de distribución considerando incertidumbre en la demanda. Scientia et Technica, 2014, vol. 19, no 1, p. 19. Universidad tecnológica de Pereira.

SALAZAR, Carlos, et al. Manual de Procedimientos para el Control de Inventarios en el Taller "El auto veloz" ubicado en el Norte de la ciudad de Quito. Quito, 2014. 122 h. Tesis Doctoral. Disponible en: <http://hdl.handle.net/123456789/1566>
SERRANO GALLEGU, Roque. Introducción al análisis de datos experimentales: tratamiento de datos en bioensayos. 4a ed. Universitat Jaume I, 2003. 189p. ISBN: 84-802-1429-5.

VALENCIA CÁRDENAS, Marisol et al. Métodos de pronósticos - clásicos y bayesianos con aplicaciones. 2014. ISBN 9789584647351.
VALENCIA TABA, Steven Fernando; BETANCOURT ESPINOSA, Jhonier Gustavo. Elaboración de un módulo de ERP para pronosticar la demanda. Cali, 2014, 100 h. Trabajo de Grado (Ingeniería Industrial). Universidad San Buenaventura de Cali. Facultad de Ingeniería. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10819/1817>

VERGARA, Juan Carlos. FONTALVO, Tomás. DE LA HOZ, Efraín. Efectos de la Variación en la Demanda y Políticas de Inventario en la Cadena de Suministro: Un Análisis desde la Óptica de la Dinámica de Sistemas. En INGENIARE, Universidad Libre-Barranquilla, Año 7, No. 13, pp. 25-38.

VIDAL HOLGUÍN, Carlos Julio; LONDOÑO ORTEGA, Julio César; CONTRERAS RENGIFO, Fernando. Aplicación de modelos de inventarios en una cadena de abastecimiento de productos de consumo masivo con una bodega y N puntos de venta. Ingeniería y competitividad. Santiago de Cali. Vol. 6, No 1, 2014.

VILLAY PEREIRA, Alejandro, et al. Análisis y desarrollo del sistema de planeación y control de la producción en una empresa de confecciones. Santiago de Cali, 2013, 145 h. Pasantía Institucional (Ingeniería Industrial). Universidad Autónoma de Occidente. Facultad de Ingeniería. Disponible en: <http://bdigital.uao.edu.co/bitstream/10614/5333/1/TID01714.pdf>

VOLLMANN, Thomas E. Administración Integral de la Producción y de los Inventarios. 1a ed. México D.F.: Editorial Limusa S.A., de C.V. Grupo Noriega Editores, 2000. 428 p. ISBN: 9789681853785.

VERGARA, Juan Carlos, QUESADA, Víctor, MANGA, Melissa, RESTREPO, Vanessa. La planeación agregada analizada desde el enfoque de la Dinámica de Sistemas. Revista Panorama Económico, 243-259. Universidad de Cartagena. 2009.

CIBERGRAFÍA.

ICONTEC INTERNACIONAL. en línea. <<http://www.icontec.org/index.php/es/>> citado 04 de Octubre de 2014.

INMOGAS LTDA. en línea. < <http://inmogas.com/>> citado 25 de Septiembre de 2014.

IAT, INNOVACIÓN Y TECNOLOGÍA. en línea. <<http://www.iat.es/2012/08/la-gestion-logistica-como-factor-de-competitividad/>> citado 01 de Agosto de 2014.

VIATIC GROUP [en línea]. <<http://www.vaticgroup.com/perspectiva-logistica/ediciones-anteriores/gestion-de-inventarios>>. Citado 15 de agosto de 2014.